



①⑨ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 101 02 170 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:
B 60 L 11/18
B 60 L 3/10
B 60 K 6/02
B 60 K 6/04

②① Aktenzeichen: 101 02 170.4
②② Anmeldetag: 18. 1. 2001
④③ Offenlegungstag: 9. 8. 2001 ✓

③⑩ Unionspriorität:
2000-010836 19. 01. 2000 JP

⑦① Anmelder:
Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha, Toyota, Aichi, JP

⑦④ Vertreter:
WINTER, BRANDL, FÜRNISS, HÜBNER, RÖSS,
KAISER, POLTE, Partnerschaft, 85354 Freising

⑦② Erfinder:
Morisawa, Kunio, Toyota, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Steuerungssystem für ein Fahrzeug mit Brennstoffzelle

⑤⑦ Es ist ein Steuerungssystem für ein Fahrzeug mit einer Brennstoffzelle und einem Elektromotor, welcher Antriebsräder des Fahrzeugs mit elektrischer Energie antreibt, die durch die Brennstoffzelle erzeugt wurde, vorgesehen, worin eine Traktionsregelvorrichtung die Leistung der Antriebsräder derart regelt, daß eine Zugkraft des Fahrzeugs gesichert ist, wenn eine bestimmte Bedingung zum Starten der Traktionsregelung erfüllt ist.

DE 101 02 170 A 1

Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

Technisches Gebiet der Erfindung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Steuerungssystem für ein Fahrzeug mit einer Brennstoffzelle und einem Elektromotor, der durch elektrische Energie betätigt wird, welche durch die Brennstoffzelle erzeugt wird.

Stand der Technik

Das Japanische Patent mit der Veröffentlichungsnummer SHO 50-31516 offenbart ein Fahrzeug, welches eine Brennstoffzelle und einen Elektromotor zum Antreiben von Antriebsrädern des Fahrzeugs aufweist, wobei die elektrische Energie verwendet wird, die durch die Brennstoffzelle erzeugt wird. Bei einem Fahrzeug mit Vierradantrieb, wie es in dem Japanischen Patent mit der Veröffentlichungsnummer HEI 9-298803 offenbart ist, wird ein Elektromotor zum Antreiben von Antriebsrädern des Fahrzeuges, wobei elektrische Energie verwendet wird, die durch eine Brennstoffzelle erzeugt wird, als wenigstens einer von einer Vielzahl von Antriebsmotoren verwendet, welche jeweils für gegenseitig unabhängige Vorderrad- und Hinterradantriebssysteme vorgesehen sind.

Die oben erwähnten Veröffentlichungen, welche die bekannten, mit Brennstoffzellen versehenen Fahrzeuge offenbaren, offenbaren jedoch keine Technologien, um die Antriebssysteme, die Brennstoffzelle und anderer Vorrichtungen angemessen zu steuern, wenn eines oder mehrere der Antriebsräder durchdreht bzw. durchdrehen, wobei somit die Möglichkeit für verschiedene Verbesserungen nicht genutzt wird. Beispielsweise kann ein Fahrzeug, welches eine Brennstoffzelle als elektrische Energiequelle für einen Elektromotor verwendet, im Vergleich zu einem herkömmlichen Fahrzeug, welches als elektrische Energiequelle für einen Elektromotor eine Vorrichtung zum Speichern von elektrischer Energie aufweist, darunter leiden, daß sich die Fahrleistung und das Fahrverhalten des Fahrzeugs verschlechtern, wenn ein Antriebsrad, beispielsweise während eines Vierradantriebs, durchdreht. Dieses Problem kann durch die Eigenschaften von Brennstoffzellen, insbesondere durch das niedrige Ansprechverhalten, verursacht werden.

Zusammenfassung der Erfindung

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Steuerungssystem vorzusehen, welches ein mit einer Brennstoffzelle versehenes Fahrzeug derart steuert, daß verhindert wird, daß sich die Fahrleistung und das Fahrverhalten des Fahrzeugs zu dem Zeitpunkt, zu dem ein Antriebsrad durchdreht, verschlechtern, unabhängig davon, daß die Brennstoffzelle als elektrische Energiequelle für einen Elektromotor verwendet wird.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale von Anspruch 1 gelöst. Verfahrenstechnisch wird die Aufgabe durch die Merkmale von Anspruch 15 gelöst.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Um die obige und andere Aufgaben zu erzielen sieht die vorliegende Erfindung ein Steuerungssystem für ein Fahrzeug mit Brennstoffzelle und Elektromotor, welcher Antriebsräder des Fahrzeugs mit elektrischer Energie antreibt, die durch die Brennstoffzelle erzeugt wurde, vor, wobei das Steuerungssystem eine Traktionsregelvorrichtung aufweist, welche eine Leistung bzw. Energie der Antriebsräder derart steuert, daß die Zugkraft des Fahrzeugs gesichert ist, wenn

eine vorbestimmte Bedingung zum Starten der Traktionsregelung erfüllt ist.

Wie es oben erfindungsgemäß beschrieben wurde, kann die Traktionsregelvorrichtung sogar dann, wenn bei dem Fahrzeug mit einer Brennstoffzelle eines der Antriebsräder zum Startzeitpunkt oder zum Beschleunigungszeitpunkt, beispielsweise auf einer Fahrbahn mit niedrigem μ , durchdreht, die Leistung oder die Drehung der Antriebsräder derart begrenzen oder steuern, so die Zugkraft des Fahrzeugs gesichert oder verbessert wird, während gleichzeitig ein verbesserter Querwiderstand und eine verbesserte Querstabilität des Fahrzeugs sichergestellt sind.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann das oben beschriebene Steuerungssystem außerdem eine Vorrichtung zum Steuern einer Leistung bzw. Energie einer Brennstoffzelle aufweisen, die aufgebaut ist, um eine Leistung bzw. Energie der Brennstoffzelle während der Traktionsregelung durch die Traktionsregelvorrichtung zu steuern. Bei dieser Ausführungsform der Erfindung wird die Leistung der Brennstoffzelle durch die Vorrichtung zum Steuern einer Leistung einer Brennstoffzelle während der Traktionsregelung der Traktionsregelvorrichtung derart gesteuert, daß die Brennstoffzelle gemäß der Traktionsregelung auf geeignete Art und Weise betätigt wird. Beispielsweise unmittelbar nach dem Start der Traktionsregelung wird der Elektromotor am Anfang mit elektrischer Energie betrieben, welche von einer Vorrichtung zum Speichern von elektrischer Energie zugeführt wird, so daß ein Unterstützungsdrehmoment erzeugt wird. Nach einem bestimmten Zeitraum, beispielsweise, wenn die Ladungsmenge der Vorrichtung zum Speichern von Energie nicht ausreicht, wird die Leistung der Brennstoffzelle derart gesteuert, daß der Elektromotor mit elektrischer Energie betrieben wird, welche von der Brennstoffzelle zugeführt wird. Bei dieser Art und Weise kann der Unterstützungsantrieb oder der Vierradantrieb sogar dann fortgesetzt werden, wenn die Traktionsregelung über einen verlängerten Zeitraum durchgeführt wird.

Vorzugsweise kann die Vorrichtung zum Steuern einer Leistung einer Brennstoffzelle die Leistung der Brennstoffzelle derart verringern, daß die Leistung des Elektromotors während der Traktionsregelung durch die Traktionsregelvorrichtung verringert wird, und wenn die Leistung des Elektromotors anschließend erhöht werden soll, kann eine Vorrichtung zum Steuern einer Leistung bzw. Energie eines Elektromotors das Ausgangsdrehmoment des Elektromotors erhöhen, wobei elektrische Energie von einer Vorrichtung zum Speichern von elektrischer Energie verwendet wird, wobei somit ein hohes Beschleunigungsansprechverhalten gesichert ist.

Bei einer anderen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist das Fahrzeug ein erstes Paar Räder und ein zweites Paar Räder auf, wobei eines der ersten und zweiten Paare Vorderräder und das andere Hinterräder aufweist, und worin das erste Paar Räder durch eine Brennkraftmaschine und das andere Paar Räder durch den Elektromotor angetrieben werden.

Bei der obigen Ausführungsform der Erfindung kann die Traktionsregelvorrichtung die Leistung der Brennkraftmaschine verringern, welche das erste Paar Räder antreibt, so daß eine Traktionsregelung durchgeführt wird, und eine Vorrichtung zum Steuern einer Leistung eines Elektromotors kann den Elektromotor antreiben, wobei elektrische Energie verwendet wird, welche von wenigstens der Vorrichtung zum Speichern von elektrischer Energie oder der Brennstoffzelle zugeführt wird, wobei somit ein verbessertes Ansprechverhalten gesichert ist.

Vorzugsweise weist das Fahrzeug mit Vierradantrieb ei-

nen Generator auf, welcher durch die Brennkraftmaschine angetrieben wird, und die Vorrichtung zum Steuern einer Leistung eines Elektromotors treibt den Elektromotor an, welcher das zweite Paar Räder antreibt, wobei elektrische Energie verwendet wird, welche von dem Generator zugeführt wird, und sie treibt den Elektromotor an, wobei elektrische Energie verwendet wird, welche von der Brennstoffzelle geliefert wird, wenn die Erzeugung von elektrischer Energie des Generators beispielsweise auf Grund von Wärme eingeschränkt ist, welche durch den Generator erzeugt wird. Bei dieser Art und Weise kann das zweite Paar Räder durch den Elektromotor für einen bedeutend längeren Zeitraum angetrieben werden, wobei der Elektromotor kontinuierlich betrieben wird.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann das Steuerungssystem außerdem eine Kraftstoffverteilungs Vorrichtung aufweisen, welche Kraftstoff auf die Brennstoffzelle und die Brennkraftmaschine verteilt. Vorzugsweise verringert die Kraftstoffverteilungs Vorrichtung den Kraftstoff, welcher der Brennkraftmaschine zugeführt werden soll, wenn eine Menge an Kraftstoff, die in einem Kraftstofftank des Fahrzeugs verbleibt, gleich oder geringer als ein vorbestimmter Wert ist. Somit wird der Betrieb der Brennkraftmaschine, welcher eine relativ niedrige Effizienz hat, eingeschränkt, wenn die verbleibende Menge an Kraftstoff gering ist, und es wird die sehr effiziente Brennstoffzelle zum Antreiben des Elektromotors verwendet, wobei somit eine weiter verbesserte Kraftstoffeffizienz gesichert ist.

Bei einer anderen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann die Traktionsregel Vorrichtung in Betrieb sein, um die Leistung der Brennstoffzelle zu begrenzen, wenn das Antreiben des Elektromotors durch die Leistung bzw. Energie der Brennstoffzelle während der Traktionsregelung gesteuert wird. Somit kann vorteilhafterweise verhindert werden, daß während der Traktionsregelung Wärme durch die Brennstoffzelle erzeugt wird. Während der Traktionsregelung, bei welcher die Leistung der Brennstoffzelle begrenzt ist, wird elektrische Energie von einem durch die Brennkraftmaschine angetriebenen Generator dem Elektromotor zugeführt, und daher ist sogar dann, wenn die Leistung der Brennstoffzelle begrenzt ist, ein Unterstützungsbetrieb durch den Elektromotor nicht begrenzt. Außerdem wird die Antriebskraft des ersten Paares Räder verringert, indem die Last auf die Brennkraftmaschine beim Antreiben des Generators erhöht wird, wobei somit eine weiter verbesserte Wirkung der Traktionsregelung gesichert ist.

Vorzugsweise führt die Traktionsregel Vorrichtung auch eine Traktionsregelung dadurch aus, daß Radbremsen betätigt werden, welche auf die Räder des Fahrzeugs eine Bremskraft aufbringen. In diesem Fall kann bei der Traktionsregelung durch die Traktionsregel Vorrichtung ein hohes Regelungsansprechverhalten erzielt werden.

Bei einer anderen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist das Steuerungssystem außerdem eine Korrekturvorrichtung auf, welche die Traktionsregelung durch die Traktionsregel Vorrichtung auf der Grundlage eines Betriebszustandes der Brennstoffzelle korrigiert. In diesem Fall kann die Traktionsregelung durchgeführt werden, welche mit dem Ausgangszustand der Brennstoffzelle übereinstimmt. Während beispielsweise die Menge an elektrischer Energie, welche dem Elektromotor von der Brennstoffzelle zugeführt wird, d. h., das durch den Elektromotor erzeugte Unterstützungsdrehmoment, ansteigt, wird die Antriebskraft (der Drehung) des ersten Paares Räder nicht in so starkem Maße verringert oder begrenzt, wobei es somit für das Fahrzeug leicht gemacht wird, daß es im Vierradantrieb gefahren wird.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Die vorhergehende Aufgabe und weitere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen deutlicher, wobei auf die beigelegten Zeichnungen Bezug genommen wird, worin gleiche Bezugszeichen verwendet werden, um gleiche Elemente darzustellen.

Es zeigen:

Fig. 1 ein schematisches Diagramm, welches den Aufbau einer Kraftstoffübertragungsvorrichtung eines Fahrzeugs mit Vierradantrieb darstellt, die mit einem Steuerungssystem gemäß einer Ausführungsform der Erfindung versehen ist;

Fig. 2 eine graphische Darstellung, welche die Menge an Elektrizität anzeigt, die einem Elektromotor MG2 von einem Kondensator oder einem Elektromotor MG1 zum Unterstützungsantrieb in dem in **Fig. 1** dargestellten Fahrzeug zugeführt wird;

Fig. 3 eine graphische Darstellung, welche die Menge an Elektrizität anzeigt, die dem MG2 von dem Kondensator, dem MG1 oder einer Brennstoffzelle FC zum Unterstützungsantrieb in dem in **Fig. 1** gezeigten Fahrzeug zugeführt wird;

Fig. 4 ein Funktionsblockdiagramm, welches Steuerfunktionen des in **Fig. 1** gezeigten Steuerungssystems darstellt;

Fig. 5 ein Flußdiagramm, welches zur Erklärung von Steuerabläufen des Steuerungssystems von **Fig. 1** verwendet werden kann, wobei das Flußdiagramm eine Unterstützungssteueroutine darstellt;

Fig. 6 ein Flußdiagramm einer Routine, welche einen Koordinationssteuerablauf von Schritt SA8 in dem Flußdiagramm von **Fig. 5** darstellt;

Fig. 7 ein Flußdiagramm, welches einen anderen Ablauf des in **Fig. 1** gezeigten Steuerungssystems darstellt;

Fig. 8, welche **Fig. 5** entspricht, ein Flußdiagramm, das Steuerabläufe gemäß einer anderen Ausführungsform der Erfindung darstellt;

Fig. 9, welche **Fig. 6** entspricht, ein Flußdiagramm einer Routine, die einen Koordinationssteuerablauf von Schritt SA8 in **Fig. 8** darstellt;

Fig. 10, welche **Fig. 5** entspricht, ein Flußdiagramm, welches Steuerabläufe gemäß noch einer anderen Ausführungsform der Erfindung darstellt; und

Fig. 11 welche **Fig. 5** entspricht, ein Flußdiagramm, das Steuerabläufe gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung darstellt.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

Im folgenden werden in Bezug auf die beigelegten Zeichnungen die gegenwärtig bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung detailliert beschrieben.

Fig. 1 ist eine schematische Darstellung, welche den Aufbau einer Kraftübertragungsvorrichtung eines Fahrzeugs mit Vierradantrieb, d. h., eines Fahrzeugs mit Vorder- und Hinterradantrieb, darstellt, bei welchem die Erfindung verwendet wird. Das Fahrzeug mit Vierradantrieb von **Fig. 1** ist ein sogenanntes Hybridfahrzeug, welches als Antriebsmotore eine Brennkraftmaschine mit innerer Verbrennung und Elektromotore aufweist. Das Fahrzeug mit Vierradantrieb weist eine Antriebsanordnung auf, bei welcher ein Vorderradantriebssystem durch eine Vorderradantriebseinheit, d. h., durch eine primäre Antriebseinheit 10, und ein Hinterradantriebssystem durch eine Hinterradantriebseinheit, d. h., durch eine sekundäre Antriebseinheit 12 angetrieben werden, wie es in **Fig. 1** gezeigt ist.

Die primäre Antriebseinheit **10** weist eine Brennkraftmaschine **14** mit innerer Verbrennung, die betrieben wird, indem eine Verbrennung eines Luft-Kraftstoff-Gemisches verwendet wird, einen Motor-Generator MG1 (der im folgenden als "MG1" bezeichnet wird), welcher selektiv die Funktion eines ersten Elektromotors oder eines ersten Generators hat, eine Planetengetriebevorrichtung **18** mit zwei Ritzeln und ein stufenloses Getriebe (CVT: Continuously Variable Transmission) **20**, welches das Übersetzungsverhältnis stufenlos ändern kann, auf. Diese Elemente der primären Antriebseinheit sind konzentrisch auf der gleichen Achse angeordnet. Die Brennkraftmaschine **14** dient als erster oder primärer Antriebsmotor. Die Brennkraftmaschine **14** ist mit einer Drosselklappenbetätigungseinrichtung **21** zum Antreiben einer Drosselklappe versehen, welches die Menge an Ansaugluft steuert, die durch ein Ansaugrohr der Brennkraftmaschine **14** strömt, um die Öffnung θ TH der Drosselklappe zu ändern. Die Planetengetriebevorrichtung **18** ist ein Kraftvereinigungs-/ Kraftverteilungsmechanismus, welcher eine Kraft mechanisch vereinigt oder verteilt. Die Planetengetriebevorrichtung **18** hat drei Drehelemente, welche um eine gemeinsame Achse unabhängig drehbar angeordnet sind, d. h. ein Sonnenrad **24**, welches über eine Dämpfungs-
 vorrichtung **22** mit der Brennkraftmaschine **14** verbunden ist, einen Planetenradträger **28**, welcher mit einer Abtriebswelle **26** des stufenlosen Getriebes **20** über eine erste Kupplung C1 und mit einer Abtriebswelle des MG1 verbunden ist, und ein Hohlrad **32**, welches mit der Abtriebswelle **26** des stufenlosen Getriebes **20** über eine zweite Kupplung C2 und mit einem nicht drehbaren Element, beispielsweise einem Gehäuse **30**, über eine Bremse B1 verbunden ist. Der Planetenradträger **28** trägt ein Paar von Ritzeln (Planetenrädern) **34**, **36**, welche mit dem Sonnenrad **24** und dem Hohlrad **32** und miteinander derart in Eingriff stehen, daß die Ritzel **34**, **36** um ihre eigenen Achsen drehbar sind. Die erste Kupplung C1, die zweite Kupplung C2 und die Bremse B1 sind hydraulische Reibungsvorrichtungen, von welchen jede in Eingriff steht, wenn eine Vielzahl von gegenseitig übereinander angeordneten Reibplatten der Vorrichtung durch eine hydraulische Betätigungsvorrichtung gegeneinander gepreßt werden, und jede gelöst ist, wenn der Druck, mit dem die Reibplatten beaufschlagt werden, gelöst wird.

Die Planetengetriebevorrichtung **18** und der MG1, welcher mit dem Planetenradträger **28** verbunden ist, bilden einen elektrischen Drehmomentwandler (ETC: Electric Torque Converter). Wenn die Brennkraftmaschine **14** in Betrieb ist (gedreht wird), d. h., wenn sich das Sonnenrad **24** dreht und sich die zweite Kupplung C2 in Eingriff befindet, steuert der ETC die Drehung des Planetenradträgers **28**, indem die Reaktionskraft auf den Planetenradträger **28**, d. h., das Drehmoment zum regenerativen Antreiben oder Drehen des MG1, gesteuert wird, so daß bewirkt wird, daß der MG1 elektrische Energie erzeugt, und der ETC erhöht auch die Umdrehungsgeschwindigkeit des Hohlrades **32**, welches ein Abtriebsselement ist, von Null auf eine Sollgeschwindigkeit gleichmäßig. Somit kann das Fahrzeug ruhig bzw. gleichmäßig gestartet und beschleunigt werden. Wenn angenommen wird, daß das Übersetzungsverhältnis p (Zähnezahl des Sonnenrades **24**/Zähnezahl des Hohlrades **32**) der Planetengetriebevorrichtung **18** beispielsweise ein herkömmlicher Wert von 0,5 ist, wird das Drehmoment der Brennkraftmaschine **14** um $1/p$ mal, beispielsweise um ungefähr zweimal verstärkt, bevor es zu dem stufenlosen Getriebe **20** übertragen wird, hinsichtlich des Verhältnisses von Drehmoment des Hohlrades **32** : Drehmoment des Planetenradträgers **28** : Drehmoment des Sonnenrades **24** = $1/p$: $(1-p)/p$: 1. Somit wird die Betriebsart, in welcher die Brennkraftmaschine **14** betrieben wird, wobei sich die Kupplung C2 im

Eingriff befindet (das Hohlrad **32** ist mit der Abtriebswelle **26** des CVT **20** gekoppelt) als "Drehmomentverstärkungs-betriebsart" bezeichnet. Dadurch, daß die erste Kupplung C1 in Eingriff gebracht wird, können die Vorderräder **66**, **68** nur durch die MG1 angetrieben werden, während die Brennkraftmaschine **14** gestoppt ist.

Das stufenlose Getriebe **20** weist ein Paar von verstellbaren Riemenscheiben **40**, **42**, welche verstellbare effektive Durchmesser haben und an der Abtriebswelle **26** bzw. einer Abtriebswelle **38** vorgesehen sind, und einen endlosen oder schlingenähnlichen Übertragungsriemen **44**, welcher an den Riemenscheiben **40**, **42** vorgesehen ist, auf. Jede der Riemenscheiben **40**, **42** weist ein axial fest angeordnetes Drehelement **46** oder **48**, welches an der Abtriebswelle **26** oder der Abtriebswelle **38** fest angebracht ist, und ein axial bewegliches Drehelement **50**, **52** auf, welches sich zwar zusammen mit der Abtriebswelle **26** oder der Abtriebswelle **38** dreht, aber in der axialen Richtung in Bezug auf die Abtriebswelle **26** oder die Abtriebswelle **38** beweglich ist. Das fest angeordnete Drehelement **46**, **48** steht mit dem entsprechenden beweglichen Drehelement **50**, **52** derart in Wirkverbindung, daß dazwischen eine V-förmige Ausnehmung gebildet wird. Die verstellbaren Riemenscheiben **40**, **42** weisen außerdem jeweilige Hydraulikzylinder **54**, **56** auf, welche auf das geeignete bewegliche Drehelement **50**, **52** eine Schubkraft aufbringen, damit die effektiven Durchmesser der verstellbaren Riemenscheiben **40**, **42** geändert werden, bei welchen der Riemen mit den Riemenscheiben in Eingriff steht, um dadurch das Übersetzungsverhältnis γ (= Umdrehungsgeschwindigkeit von Abtriebswelle/Umdrehungsgeschwindigkeit von Abtriebswelle) zu ändern.

Das von der Abtriebswelle **38** des stufenlosen Getriebes **20** aufgenommene Drehmoment wird über eine Untersetzungsgetriebevorrichtung **58**, eine Differentialgetriebevorrichtung **60** und ein Paar von Achsen **62**, **64** zu dem Paar Vorderräder **66**, **68** übertragen. Bei dieser Ausführungsform ist in Fig. 1 kein Lenkrad zum Ändern des Lenkwinkels der Vorderräder **66**, **68** dargestellt.

Die sekundäre Antriebseinheit **12** weist einen hinteren Motor-Generator MG2 (welcher im folgenden als "MG2" bezeichnet wird) auf, welcher die Funktion eines zweiten Elektromotors und eines zweiten Generators hat. Das durch den MG2 erzeugte Drehmoment wird über eine Untersetzungsgetriebevorrichtung **72**, eine Differentialgetriebevorrichtung **74** und ein Paar von Achsen **76** bzw. **78** zu einem Paar von Hinterrädern **80**, **82** übertragen.

Das Fahrzeug mit Vierradantrieb weist einen Kraftstoffbehälter **88** zum Speichern von flüssigem Kraftstoff, wie z. B. Benzin, oder LPG (Liquified Petroleum Gas) oder ähnlichem, eine Brennstoffzelle FC, welche als eine Quelle für elektrische Energie dient, einen Reformer **90**, welcher flüssigen Kraftstoff in Wasserstoffgas reformiert, welches in der Brennstoffzelle FC verbraucht werden soll, eine Kraftstoffverteilungsvorrichtung **92**, welche flüssigen Kraftstoff von dem Kraftstofftank **88** auf die Brennkraftmaschine **14** und den Reformer **90** verteilt, und eine Vorrichtung **94** zum Speichern von elektrischer Energie, wie z. B. einen Kondensator oder einen Akkumulator, auf, um elektrische Energie, welche durch den MG1 oder den MG2 durch Regeneration erzeugt wird, oder elektrische Energie, welche durch die Brennstoffzelle FC erzeugt wird, zu speichern. Das Kraftfahrzeug mit Vierradantrieb weist außerdem eine Wasserstoffherstellungsvorrichtung **98** auf, welche Wasserstoff durch Elektrolysen von Wasser, das durch die Brennstoffzelle FC erzeugt wird, mit von der Speichervorrichtung **94** zugeführter elektrischer Energie erzeugt und den somit erzeugten Wasserstoff der Brennstoffzelle FC oder einem Wasserstoffbehälter **96** zuführt. Das Fahrzeug ist auch mit

einem ersten Inverter **100**, welcher den Strom steuert, der zu dem MG1 und der Vorrichtung **94** zum Speichern von elektrischer Energie geleitet und zwischen diesen empfangen wird, und einen zweiten Inverter **102** auf, welcher den Strom steuert, der zu dem MG2, der Speichervorrichtung **94** und der Brennstoffzelle FC geleitet und zwischen diesen aufgenommen wird.

Das Kraftfahrzeug mit Vierradantrieb ist außerdem mit einer Traktionsregelvorrichtung **108** und einer Antriebssteuervorrichtung **110**, sowie einer Brennkraftmaschinenantriebsvorrichtung, einer Schaltsteuervorrichtung und einer Hybridsteuervorrichtung versehen, welche in den Figuren nicht dargestellt sind. Diese Steuer- bzw. Regelvorrichtungen sind durch sogenannte Mikrocomputer vorgesehen, von welchen jeder eine CPU, einen RAM, einen ROM und eine Eingabe-Ausgabe-Schnittstelle aufweist. Bei jeder Steuer- bzw. Regelvorrichtung verarbeitet die CPU Eingangssignale und führt verschiedene Steuerungen bzw. Regelungen gemäß Programmen aus, welche in dem ROM im voraus gespeichert sind, während die temporäre Speicherfunktion des RAM verwendet wird. Diese Steuer- bzw. Regelvorrichtungen sind zur Kommunikation untereinander miteinander verbunden. Wenn somit von einer der Steuer- bzw. Regelvorrichtungen ein gewünschtes Signal gefordert wird, überträgt eine andere Steuer- bzw. Regelvorrichtung das gewünschte Signal zu der oben erwähnten einen der Steuer- bzw. Regelvorrichtungen.

Die Traktionsregelvorrichtung **108** ist vorgesehen, um während eines Fahrzeugstarts oder einer Fahrzeugbeschleunigung auf einer Fahrbahn mit niedrigem μ , welche einen niedrigen Fahrbahnoberflächenreibungskoeffizienten μ aufweist, wie z. B. eine Straße mit festgefahrem Schnee oder eine eisige Straße, die Fahrzeugstabilität zu erhöhen oder die Zugkraft zu sichern und zu erhöhen. Zu diesem Zweck steuert bzw. regelt die Traktionsregelvorrichtung **108** die Leistung der Brennkraftmaschine **14** oder des MG1 und über (nicht gezeigte) hydraulische Bremsregelkreise die Bremskräfte der Radbremsen **66wB**, **68wB**, **80wB**, **82wB**, welche für die jeweiligen Räder **66**, **68**, **80**, **82** vorgesehen sind, um dadurch die Leistungen oder die Drehung der Vorderräder **66**, **68** zu steuern, welche in dieser Situation als Antriebsräder dienen. Beispielsweise berechnet die Traktionsregelvorrichtung **108** Radfahrzeuggeschwindigkeiten (Fahrzeugkarosseriegeschwindigkeiten, welche von Radumdrehungsgeschwindigkeiten umgewandelt wurden), beispielsweise eine Radfahrzeuggeschwindigkeit V_{FR} eines vorderen rechten Rades, eine Radfahrzeuggeschwindigkeit V_{FL} eines vorderen linken Rades, eine Radfahrzeuggeschwindigkeit V_{RR} eines rechten hinteren Rades, eine Radfahrzeuggeschwindigkeit V_{RL} eines hinteren linken Rades, eine Vorderradfahrzeuggeschwindigkeit $[(V_{FR}+V_{FL})/2]$, eine Hinterradfahrzeuggeschwindigkeit $[(V_{RR}+V_{RL})/2]$ und eine Karosseriefahrzeuggeschwindigkeit (die niedrigste von V_{FR} , V_{FL} , V_{RR} und V_{RL}) auf der Grundlage von Signalen von Drehungssensoren, welche an den jeweiligen Rädern vorgesehen sind. Wenn die Schlupfgeschwindigkeit ΔV , die eine Differenz zwischen der Vorderradfahrzeuggeschwindigkeit, welche auf den Vorderrädern als Antriebsrädern basiert, und der Hinterradfahrzeuggeschwindigkeit, welche auf den Hinterrädern als Nichtantriebsrädern basiert, ist, einen voreingestellten Wert ΔV_1 zum Beurteilen eines Steuerungsstarts bzw. Regelungsstarts überschreitet, beurteilt die Traktionsregelvorrichtung **108**, daß das Vorderrad oder die Vorderräder durchdreht bzw. durchdrehen. In diesem Fall verringert die Regelvorrichtung **108** das Ausgangsdrehmoment des MG1 und die Antriebskräfte der Vorderräder **66**, **68** unter Verwendung der Radbremsen **66wB**, **68wB**, so daß der Schlupfbetrag R_s $[(\Delta V/V_F) \times 100\%]$ derart gesteuert

wird, daß er geringer als ein voreingestellter Sollschlupfbetrag R_{s1} ist. Wenn das Fahrzeug gefahren wird, indem der MG1 oder der MG2 gemäß der Leistung der Brennstoffzelle FC betrieben wird, begrenzt oder drosselt die Traktionsregelvorrichtung **108** den Kraftstoff, welcher der Brennstoffzelle FC zugeführt wird, derart, daß die Antriebskraft oder die Drehung der Vorderräder **66**, **68** oder der Hinterräder **80**, **82**, welche als Antriebsräder dienen, verringert wird. Bei dieser Art und Weise können die Haftung der Antriebsräder und auch die Fahrzeugstabilität und die Zugkraft erhöht werden. Somit kann die Traktionsregelung durchgeführt werden, indem die Leistung von der Brennstoffzelle FC zu dem MG1 oder dem MG2 begrenzt oder auf andere Art und Weise gesteuert wird.

Die Antriebssteuervorrichtung **110** steuert die Antriebskräfte der Vorderräder **66**, **68** und/oder der Hinterräder **80**, **82**, um das Fahrzeug zwischen dem Zweiradantrieb und dem Vierradantrieb hin und her zu schalten. Während eines normalen Fahrbetriebs des Fahrzeugs bewirkt die Antriebssteuervorrichtung **110**, daß das Fahrzeug unter Verwendung der primären Antriebseinheit **10** angetrieben wird, welche die Brennkraftmaschine **14** und den MG1 aufweist, um ausschließlich die Vorderräder **66**, **68** anzutreiben. Beispielsweise wählt die Antriebssteuervorrichtung **110** auf der Grundlage der gegenwärtigen Schalthelabelposition P_{SH} , der Drosselöffnung bzw. Drosselklappenöffnung θ (dem Grad der Drosselklappenöffnung oder dem Betätigungsbetrag des Gaspedales Acc), der Fahrzeuggeschwindigkeit V und der Menge SOC an elektrischer Energie, welche in der Speichervorrichtung **94** gespeichert ist, eine der voreingestellten Modi aus. Darüberhinaus wählt die Antriebssteuervorrichtung **110** auf der Grundlage der Drosselöffnung θ und des Betätigungsbetrages des Gaspedales BF einen regenerativen Drehmomentmodus, in welchem eine Bremskraft erzeugt wird, wobei das Drehmoment verwendet wird, welches für die Erzeugung von elektrischer Energie des MG1 oder des MG2 erforderlich ist, oder einen Brennkraftmaschinenbremsmodus, in welchem eine Bremskraft erzeugt wird, wobei ein Rotationsträgheitsdrehmoment der Brennkraftmaschine **14** verwendet wird, aus. Die zuvor erwähnten Modi weisen beispielsweise einen Motorantriebsmodus, welcher ausgewählt wird, wenn das Fahrzeug mit einer relativ geringen Last gestartet oder mit einer konstanten Geschwindigkeit gefahren wird, einen Kopplungsmodus, welcher ausgewählt wird, wenn das Fahrzeug mit einer mittleren oder einer relativ hohen Last gefahren wird, und einen ETC-Modus auf. In dem Motorantriebsmodus gelangt die erste Kupplung C1 in Eingriff, während die zweite Kupplung C2 und die Bremse B1 gelöst sind, so daß das Fahrzeug nur mittels des MG1 fährt. In dem Kopplungsmodus befinden sich die erste Kupplung C1 und die zweite Kupplung C2 in Eingriff, während die Bremse B1 gelöst ist, so daß das Fahrzeug mit der Brennkraftmaschine **14** und dem MG1 fährt. In dem ETC-Modus befindet sich die zweite Kupplung C2 in Eingriff, während die erste Kupplung C1 und die Bremse B1 gelöst sind, und die Drehung des MG1 wird gesteuert (allmählich erhöht), indem der MG1 eine Reaktionskraft (das Drehmoment zum regenerativen Antreiben des MG1) aufnimmt, wodurch das Fahrzeug aus dem Stillstand gleichmäßig gestartet wird, während sich die Brennkraftmaschine **14** mit einer bestimmten (d. h. konstanten) Drehzahl dreht. Obwohl normalerweise der Zweiradantrieb ausgewählt wird, kann die Antriebssteuervorrichtung **110** das Fahrzeug auch vorübergehend in den Vierradbetrieb antreiben, wobei das Unterstützungsdrehmoment des MG2 verwendet wird. Insbesondere wird eine Unterstützungssteuerung für eine Fahrbahn mit hohem μ durchgeführt, wenn eine gute Beschleunigungsleistung oder eine gute Lauflei-

stung des Fahrzeugs erforderlich ist, und es wird eine Unterstützungssteuerung für eine Fahrbahn mit niedrigem μ durchgeführt, wenn die Fahrzeugstartleistung erhöht werden soll, wenn das Fahrzeug damit beginnt, auf einer Fahrbahn mit niedrigem Reibungskoeffizienten (einer Fahrbahn mit niedrigem μ), wie z. B. einer eisigen Fahrbahn oder einer Fahrbahn mit festgefahretem Schnee zu fahren. Unter diesen Steuerungen verwendet die Antriebssteuervorrichtung **110** außerdem die sekundäre Antriebseinheit **12**, welche den MG2 aufweist, um ausschließlich die Hinterräder **80**, **82** anzutreiben, und sie betreibt den MG2 derart, daß ein Antriebskraftverteilungsverhältnis erzielt wird, welches dem Lastverteilungsverhältnis der vorderen und hinteren Räder entspricht. Somit wird das Fahrzeug vorübergehend im Vierradbetrieb angetrieben, was durch das Unterstützungs-drehmoment von dem MG2 erzielt wird.

Die Fig. 2 und 3 zeigen jeweils ein Beispielsschema des Unterstützungs-drehmoments, welches von dem MG2 oder den Hinterrädern erzeugt wird, d. h., der elektrischen Energie (der Menge an Elektrizität oder elektrischer Energie), welche dem MG2 während der Unterstützungssteuerung zugeführt wird. Fig. 2 zeigt die elektrische Energie, welche zugeführt wird, wo der Unterstützungszeitraum relativ kurz ist. Fig. 3 zeigt die elektrische Energie, welche zugeführt wird, wo der Unterstützungszeitraum relativ lang ist. In den Fig. 2 und 3 geben der Bereich "A" die Menge an Elektrizität, die von der Vorrichtung **94** zum Speichern von elektrischer Energie (dem Kondensator) unmittelbar nach einem Unterstützungsstartzeitpunkt t_0 zugeführt wird, und der Bereich "B" die Menge an Elektrizität, die von dem MG1 nach dem Unterstützungsstartzeitpunkt t_0 zugeführt wird, an. Nachdem die Menge an Elektrizität, die von dem MG1 zugeführt wird, auf einen Wert ansteigt, welcher dem Unterstützungs-drehmoment entspricht, wird die Menge an Elektrizität, die von der Speichervorrichtung **94** zugeführt wird, derart verringert, daß sie gleich oder geringer als ein bestimmter Wert ist. Anschließend wird der MG2 durch die elektrische Energie, welche von dem MG1 zugeführt wird, solange angetrieben, bis ein Unterstützungs-endezeitpunkt t_2 erreicht ist. Ein Bereich "C" in Fig. 2 zeigt die Menge an Elektrizität an, welche von dem MG1 zugeführt wird, um die Speichervorrichtung **94** wieder aufzuladen. Ein Bereich "D" in Fig. 3 zeigt die Menge an Elektrizität an, die von der Brennstoffzelle FC zu dem MG2 geleitet wird. Während die Menge an Elektrizität, die von der Brennstoffzelle FC erzeugt wird, ansteigt oder zunimmt, wird die Menge an Elektrizität, die von dem MG1 zugeführt wird, verringert. In der Zwischenzeit steigt die Menge an Elektrizität, die von der Brennstoffzelle FC erzeugt wird, auf einen Wert an, welcher um einen vorbestimmten Wert größer ist als die Menge an Elektrizität, welche von dem MG1 zugeführt wurde.

Außerdem steuert die Antriebssteuervorrichtung **110** den Betrieb des MG2 in Verbindung mit den Betriebszuständen der Traktionsregelvorrichtung **108** und der Brennstoffzelle FC, wie es detaillierter beschrieben wird.

Fig. 4 ist ein Funktionsblockdiagramm, welches grundlegende Abschnitte der Steuerfunktionen bzw. Regelfunktionen der Traktionsregelvorrichtung **108**, der Antriebssteuervorrichtung **110** und anderer Vorrichtungen darstellt. Wenn eine Bedingung oder Bedingungen zum Start einer Traktionsregelung erfüllt ist bzw. sind, steuert bzw. regelt eine Traktionsregelungseinheit **112** die Leistung der Brennkraftmaschine **14** oder des MG1 und die Bremskraft der Radbremsen **66wB**, **68wB**, **80wB**, **82wB** der Räder **66**, **68**, **80**, **82** über den (nicht gezeigten) hydraulischen Bremskreis, um die Antriebskräfte oder die Drehung der Vorderräder **66**, **68** als Antriebsräder zu begrenzen oder anderweitig zu steuern bzw. zu regeln. Bei dieser Art und Weise verbessert die

Traktionsregelungseinheit **112** die Fahrzeugstabilität und erhöht die Zugkraft, während das Fahrzeug auf einer Fahrbahn mit niedrigem μ , wie z. B. einer Fahrbahn mit niedergedrücktem Schnee oder einer eisigen Fahrbahn, welche einen geringen Fahrbahnoberflächenreibungswiderstand hat, gestartet oder beschleunigt wird. Wenn das Fahrzeug angetrieben wird, wobei der MG1 oder der MG2 gemäß der Leistung von der Brennstoffzelle FC betrieben wird, wird darüberhinaus der Kraftstoff, der zu der Brennstoffzelle FC geleitet wird, durch eine Kraftstoffsteuereinheit **114** (welche später beschrieben wird) derart begrenzt, daß die Antriebskräfte oder die Drehung der Antriebsräder, d. h., der Vorderräder **66**, **68** oder der Hinterräder **80**, **82**, eingeschränkt oder gesteuert werden bzw. wird. Dies führt zu einer verbesserten Haftung der Antriebsräder, einer verbesserten Fahrzeugstabilität und einer erhöhten Zugkraft. Somit wird die Traktionsregelung auch durchgeführt, wobei die Leistung der Brennstoffzelle FC zu dem MG1 oder dem MG2 begrenzt wird.

Die Kraftstoffsteuereinheit **114** steuert die Menge an Kraftstoff, die der Brennkraftmaschine **14** oder der Brennstoffzelle FC zugeführt wird, indem die Kraftstoffverteilungs-
vorrichtung **92** gesteuert wird. Beispielsweise während der Traktionsregelung durch die Traktionsregelvorrichtung **108** steuert die Kraftstoffsteuereinheit **114** die Kraftstoffverteilungs-
vorrichtung **92** derart, daß der der Brennkraftmaschine **14** zugeführte Kraftstoff verringert wird, wobei dadurch die Leistung der Brennkraftmaschine **14** verringert wird. Wenn der MG1 während der Traktionsregelung, welche durch die Traktionsregelvorrichtung **108** durchgeführt wird, durch die Brennkraftmaschine **14** derart angetrieben wird, daß er für den Unterstützungsantrieb elektrische Energie erzeugt, bewirkt die Kraftstoffsteuereinheit **114**, daß die Kraftstoffverteilungs-
vorrichtung **92** der Brennkraftmaschine **14** Kompensationskraftstoff zuführt, der dafür verwendet werden soll, um ein Drehmoment zu erzeugen, welches gleich dem Drehmoment ist, das verwendet wird, um den MG1 anzutreiben. Wenn der Antrieb des MG1 durch die Brennkraftmaschine **14** gestoppt ist, stoppt die Kraftstoffsteuereinheit **114** die Zufuhr des Kompensationskraftstoffs. Darüberhinaus begrenzt die Kraftstoffsteuereinheit **114** die Leistung der Brennstoffzelle FC, indem der Kraftstoff, welcher der Brennstoffzelle FC zugeführt wird, beispielsweise gemäß einem Befehl von der Traktionsregelungseinheit **112** begrenzt wird. In dieser Hinsicht hat die Kraftstoffsteuereinheit **114** auch die Funktion einer Vorrichtung zum Begrenzen einer Brennstoffzellenleistung.

Eine Einheit **116** zum Bestimmen, ob eine Unterstützungssteuerung gestartet wird, bestimmt, ob Bedingungen zum Starten einer Unterstützungssteuerung erzielt oder erfüllt sind. In dem Fall einer Unterstützungssteuerung bei einer Fahrbahn mit geringem μ bestimmt beispielsweise die Einheit **116**, ob die Fahrzeuggeschwindigkeit V gleich oder geringer als ein vorbestimmter Wert $V \times 1$ ist, ob das Gaspedal betätigt worden ist, um das Fahrzeug zu beschleunigen, und ob ein Durchdrehen der Vorderräder **66**, **68** als Antriebsräder aufgetreten ist. Eine Unterstützungssteuereinheit **118** hat die Funktion einer Vorrichtung zum Steuern einer Elektromotorleistung, um die Leistung des MG2 zu steuern. Wenn die Einheit **116** bestimmt, daß die Bedingungen zum Starten einer Unterstützungssteuerung erfüllt sind, verwendet die Unterstützungssteuereinheit **118** außerdem die sekundäre Antriebseinheit **12**, welche den MG2 aufweist, um ausschließlich die Hinterräder **80**, **82** anzutreiben, und sie betätigt den MG2, um hauptsächlich das Unterstützungs-drehmoment zu erzeugen, welches ein Antriebskraftverteilungsverhältnis erzielt, das dem Lastverteilungsverhältnis zwischen Vorder- und Hinterrädern entspricht. Somit wird das Fahrzeug vorübergehend in dem Vierradbetrieb ange-

trieben, welcher durch das Unterstützungsdrehmoment von dem MG2 erzielt wird, um die Fahrzeugbeschleunigungsleistung, das Fahrverhalten und die Starttauglichkeit auf einer Fahrbahn mit geringem μ zu erhöhen. Zu diesem Zweck gibt die Unterstützungssteuereinheit 118 unmittelbar, nachdem die Einheit 116 bestimmt, daß die Bedingungen zum Starten einer Unterstützungssteuerung erfüllt sind, einen Befehl, um zu bewirken, daß der durch die Brennkraftmaschine 14 angetriebene MG1, die Speichervorrichtung 94 und die Brennstoffzelle 14 dem MG2 elektrische Energie zuführen, um das Unterstützungsdrehmoment zu erzeugen, und sie bewirkt, daß die Kraftstoffverteilungsvorrichtung 92 der Brennkraftmaschine 14 Kompensationskraftstoff zuführt, um ein Drehmoment zu erzeugen, welches gleich dem Drehmoment ist, das verbraucht wird, um den MG1 anzutreiben.

Die Unterstützungssteuereinheit 118 weist eine Koordinationssteuereinheit 120, welche die Leistung bzw. Energie der Vorrichtung 94 zum Speichern von elektrischer Energie für den Unterstützungsantrieb des Fahrzeugs, den Energieerzeugungsvorgang des MG1 und die Leistung der Brennstoffzelle FC koordiniert steuert, und eine Traktionsregelungskorrektureinheit 122 auf, um die Traktionsregelung gemäß der Leistung von der Brennstoffzelle FC zu dem MG2 zu korrigieren. Die Koordinationssteuereinheit 120 legt ein Leistungsausgabeverhältnis und eine Leistungsausgabezeit der Speichervorrichtung 94 für einen Zeitraum fest, welcher auf den Unterstützungssteuerungsstartpunkt folgt. Wenn die Ladungsmenge SOC der Vorrichtung 94 zum Speichern von elektrischer Energie geringer als ein eingestellter Wert SOC_0 wird, stoppt die Koordinationssteuereinheit 120 die Leistungsausgabe von der Speichervorrichtung 94 und setzt die Leistungsausgabe von dem MG1 fort. Wenn die verstrichene Zeit t , welche auf den Unterstützungssteuerungsstartpunkt folgt, eine voreingestellte erlaubte Betriebszeit t_A des MG1 überschreitet, oder wenn die Temperatur des MG1 eine voreingestellte zulässige Temperatur überschreitet, stoppt die Koordinationssteuereinheit 120 die Energieerzeugung des MG1 und schaltet zu der Energieausgabe bzw. Leistungsausgabe von der Brennstoffzelle. Wenn die Leistung der Hinterräder 80, 82 erhöht werden soll, weil ein Fahrer stärker beschleunigt, wird die Menge an Elektrizität, die von der Brennstoffzelle FC zu dem MG2 geliefert wird, auf einen Wert erhöht, welcher um einen vorbestimmten Wert größer ist als die Menge an Elektrizität, die von dem MG1 geliefert wurde. Dieser Ausgabezustand bzw. Energiezustand ist in Fig. 3 dargestellt.

Die Traktionsregelungskorrektureinheit 122 korrigiert die Traktionsregelung, welche durch die Traktionsregelvorrichtung 108 durchgeführt wurde, auf der Grundlage des Betriebszustandes der Brennstoffzelle FC. Insbesondere wenn die Menge an Elektrizität, die von der Brennstoffzelle FC dem MG2 zugeführt wird, derart erhöht wird, daß sie um einen vorbestimmten Wert größer ist als die Menge, die von dem MG1 zugeführt wurde, wurde der Anstieg der Umdrehungsgeschwindigkeit der Vorderräder 66, 68, d. h., der Anstieg der Fahrzeuggeschwindigkeit durch die Traktionsregelung eingeschränkt. In diesem Fall lockert daher die Traktionsregelungskorrektureinheit 122 die Begrenzung des Antriebsdrehmoments oder der Drehung der Vorderräder 66, 68 gemäß der Zunahme des Unterstützungsdrehmoments von dem MG2. Dies macht es leicht, daß das Fahrzeug in der Vierradbetriebsweise betrieben wird.

Eine Einheit bzw. Nach-Schlupf-Bestimmungseinheit 124, bestimmt, ob ein Durchdrehen eines Antriebsrades (von Antriebsrädern) wieder aufgetreten ist, nachdem bestimmt worden ist, daß die Unterstützungssteuerung beendet werden soll. Angenommen, daß die Einheit 124 bestimmt, daß ein Durchdrehen, beispielsweise nach dem Unterstüt-

zungsbetrieb des MG2, wieder aufgetreten ist, wobei die Leistung der Brennstoffzelle FC für die Unterstützungssteuerung in dem Vierradzustand verwendet wird, in welchem der MG2 oder die Hinterräder 80, 82 durch elektrische Energie von der Brennstoffzelle FC angetrieben wird bzw. werden. In diesem Fall stoppt eine Einheit 126 zum Schalten bzw. Umschalten einer Zufuhrquelle die Kraftstoffzufuhr von der Kraftstoffverteilungsvorrichtung 92 zu der Brennstoffzelle FC, um somit die Zufuhr an elektrischer Energie von der Brennstoffzelle FC zu dem MG2 zu stoppen, und sie startet auch die Zufuhr an elektrischer Energie von dem MG1 zu dem MG2, um dadurch die Wärmeerzeugung in der Brennstoffzelle FC zu unterdrücken.

Eine Einheit 128, um zu bestimmen, ob ein Kraftstoffmangel vorhanden ist, bestimmt auf der Grundlage eines Signals von einem (nicht gezeigten) Pegelsensor, ob sich die verbleibende Menge an Kraftstoff, wie z. B. eines flüssigen Kraftstoffs oder eines gasförmigen Kraftstoffs, in dem Kraftstofftank 88 derart verringert hat, daß sie geringer als ein Mangelbeurteilungswert ist. Angenommen, daß die Einheit 128 bestimmt, daß sich die verbleibende Menge an Kraftstoff, wie z. B. flüssigem Kraftstoff oder gasförmigem Kraftstoff, in dem Kraftstofftank 88 derart verringert hat, daß sie geringer ist als der Mangelbeurteilungswert in einem Hinterradantriebszustand, wie z. B. in einem Vierradantriebszustand, in welchem die Hinterräder 80, 82 mit elektrischer Energie angetrieben werden, welche von dem durch die Brennkraftmaschine 14 angetriebenen MG1 dem MG2 zugeführt wird. In diesem Fall stoppt die Einheit 126 den Antrieb des MG1 durch die Brennkraftmaschine 14 und startet gleichzeitig die Zufuhr von Kraftstoff von der Kraftstoffverteilungsvorrichtung 92 zu der Brennstoffzelle FC, um von der Brennstoffzelle FC dem MG2 elektrische Energie zuzuführen, damit dadurch der Hinterradantriebszustand oder der Vierradantriebszustand fortgesetzt wird.

Eine Einheit 130 bestimmt, ob sich die Speichervorrichtung 94 in einem Zustand befindet, in welchem ein Laden nicht zulässig ist, in welchem beispielsweise die verbleibende Ladungsmenge SOC größer als ein voreingestellter Wert SOC_0 ist. Eine Elektrolysesteuereinheit 132 elektrolysiert Wasser, welches von der Brennstoffzelle FC abgelassen wurde, oder Wasser, welches von einer (nicht gezeigten) Klimaanlage während beispielsweise einer Entfeuchtung abgelassen wurde, wobei elektrische Energie verwendet wird, welche durch Regeneration erzielt wurde, und sie führt den sich daraus ergebenden Wasserstoff der Brennstoffzelle FC, die sich in Betrieb befindet, über eine Brennstoffzellensteuereinheit 134 oder dem Wasserstoffbehälter 96 zum Speichern von Wasserstoff zu. Wenn der Wasserstoffbehälter 96 mit Wasserstoff gefüllt wird, wird elektrische Energie, welche durch die Brennstoffzelle FC erzeugt wird, die überschüssigen Wasserstoff verwendet, einer elektrischen Betätigungsvorrichtung eines (nicht gezeigten) elektrischen Bremssystems, einer elektrischen PS (einer elektrischen Servolenkung) oder einem Fahrzeugantriebssystem zugeführt, wobei jedes dieser Systems zu diesem Zeitpunkt koordiniert in Betrieb ist.

Fig. 5 ist ein Flußdiagramm, welches einen grundlegenden Abschnitt der Steuervorgänge darstellt, welche durch die Antriebssteuervorrichtung 110 und ähnliche Vorrichtungen durchgeführt werden. Das Flußdiagramm von Fig. 5 stellt eine Routine einer Unterstützungssteuerung für das Fahrzeug dar, welches auf einer Fahrbahn mit niedrigem μ fährt. Fig. 6 stellt eine Koordinationssteuerroutine dar, welche in dem Flußdiagramm von Fig. 5 enthalten ist.

In Schritt SA1 von Fig. 5 wird bestimmt, ob die Fahrzeuggeschwindigkeit V gleich oder geringer als ein vorbestimmter Wert $V \times 1$ ist. Wenn in Schritt SA1 eine positive

Entscheidung (JA) erzielt wird, wird Schritt SA2 durchgeführt, um auf der Grundlage davon, ob der Betätigungsbetrag θ des Gaspedales angestiegen ist, zu bestimmen, ob ein bestimmter Grad oder mehr eines Beschleunigungsvorgangs durchgeführt wurde. Wenn in Schritt SA2 eine positive Entscheidung (JA) erzielt wird, wird anschließend Schritt SA3 ausgeführt, um auf der Grundlage, ob die Schlupfgeschwindigkeit ΔV einen vorbestimmten Wert ΔV_2 überschritten hat, zu bestimmen, ob ein Durchdrehen der Antriebsräder oder der Vorderräder **66, 68** während eines normalen Fahrbetriebs aufgetreten ist. Wenn in einem der Schritte SA1, SA2 und SA3 eine negative Entscheidung (NEIN) erzielt wird, wird eine (nicht gezeigte) Fahrsteuerung für ein normales Fahren durchgeführt. Wenn im Gegensatz dazu in allen Schritten SA1, SA2 und SA3 eine positive Entscheidung (JA) erzielt wird, wird in Schritt SA4 eine Traktionsregelung zum Begrenzen einer Drehung oder einer Antriebskraft der Vorderräder **66, 68** durchgeführt, was der Traktionsregelungseinheit **112** entspricht. Das heißt, die Schritte SA1, SA2 und SA3 entsprechen einer Vorrichtung zum Bestimmen, daß die Bedingungen zum Starten einer Traktionsregelung erzielt oder erfüllt sind. Unter der Traktionsregelung wird das Ausgangsdrehmoment der Brennkraftmaschine **14** oder des MG1 derart verringert, daß der Schlupfbetrag R_s der Vorderräder **66, 68** $[(\Delta V/V_F) \times 100\%]$ gleich oder geringer als ein voreingestellter Sollschlupfbetrag R_{s1} wird, und gleichzeitig werden die Antriebskräfte der Vorderräder **66, 68** durch die Radbremsen **66wB, 68wB** verringert. Um die Wirkung der Traktionsregelung zu erhöhen, wird das Ausgangsdrehmoment der Brennkraftmaschine **14** verringert, indem die Menge an Kraftstoff, die auf die Brennkraftmaschine **14** durch die Kraftstoffverteilungsvorrichtung **92** verteilt wird, verringert wird.

Anschließend wird Schritt SA5 ausgeführt, um zu bestimmen, ob die Traktionsregelung eine befriedigende Wirkung geliefert hat, d. h., ob sich die Fahrzeuggeschwindigkeit V als ein Ergebnis der Anstiege der Zugkraft und der Haftung der Vorderräder **66, 68** aufgrund der Traktionsregelung erhöht hat. Wenn in Schritt SA5 eine positive Entscheidung (JA) erzielt wird, werden die Unterstützungssteuerung in Schritt SA6 und die anschließenden Schritte vermieden, und es wird anstatt dessen eine andere Steueroutine durchgeführt. Somit entsprechen die Schritte SA1, SA2, SA3 und SA5 der Einheit **116**, um zu bestimmen, ob die Bedingungen zum Starten der Unterstützungssteuerung für eine Fahrbahn mit geringem μ erzielt sind.

Wenn in Schritt SA5 eine negative Entscheidung (NEIN) erzielt wird, wird in Schritt SA6 die Unterstützungssteuerung für eine Fahrbahn mit geringem μ gestartet. Die Unterstützungssteuerung für eine Fahrbahn mit geringem μ wird durchgeführt, um den MG2 anzutreiben, damit Antriebskräfte der Hinterräder **80, 82** innerhalb eines relativ kurzen Zeitraums, beispielsweise einiger weniger Sekunden, erzeugt werden. Das durch die Steuerung erzeugte Drehmoment hat eine Grundhöhe oder einen Grundwert, welche bzw. welcher der Lastverteilung zwischen Vorder- und Hinterräder entspricht. Der Grundwert kann jedoch geändert werden, indem die Verstärkung beispielsweise gemäß einem Steigungsgradienten der Fahrbahn geändert wird.

Anschließend wird Schritt SA7 ausgeführt, um einen Befehl zu erzeugen, damit bewirkt wird, daß der durch die Brennkraftmaschine **14** angetriebene MG1, die Vorrichtung **94** zum Speichern von elektrischer Energie und die Brennstoffzelle FC elektrische Energie ausgeben, um das Unterstützungs-drehmoment für den MG2 zu erzeugen. Darüber hinaus wird von der Kraftstoffverteilungsvorrichtung **92** der Brennkraftmaschine **14** Kompensationskraftstoff zugeführt, um ein Drehmoment zu erzeugen, das gleich dem Drehmo-

ment ist, welches verwendet wird, um den MG1 anzutreiben. Somit entspricht Schritt SA7 auch der Kraftstoffsteuereinheit **114**.

In Schritt SA8, welcher der Koordinationssteuereinheit **120** entspricht, wird eine Menge an Elektrizität, wie sie in **Fig. 3** dargestellt ist, durch Kombinieren der Betriebsweisen des MG1, der Speichervorrichtung **94** und der Brennstoffzelle FC erzeugt, so daß der MG2 das Sollunterstützungsdrehmoment ausgibt. Das heißt, wie es in dem Flußdiagramm der Koordinationssteuerroutine in **Fig. 6** dargestellt ist, werden in den Schritten SA81 und SA82, welche auf den Unterstützungssteuerungsstartpunkt folgen, ein Energieausgabeverhältnis und ein Energieausgabezeitpunkt der Speichervorrichtung **94** (des Kondensators) eingestellt. Wenn die Ladungsmenge SOC der Speichervorrichtung **94** unter einen eingestellten Wert SOC_0 fällt, wird die Ausgabe von elektrischer Energie der Speichervorrichtung **94** gestoppt und die Energieausgabe von dem MG1 wird fortgesetzt (die Schritte SA83, SA84). Wenn die verstrichene Zeit " t ", welche auf den Unterstützungssteuerungsstartpunkt folgt, einen voreingestellten zulässigen Betriebszeitpunkt t_A des MG1 überschreitet oder wenn die Temperatur des MG1 eine voreingestellte zulässige Temperatur überschreitet, wird die Energieerzeugung des MG1 gestoppt und die Energiezufuhr wird zu der von der Brennstoffzelle FC geschaltet (die Schritte SA85, SA86). Wenn beispielsweise der Fahrer, während er eine bergaufverlaufende Straße oder ähnliches befährt, es möchte, daß die Leistung der Hinterräder **80, 82** erhöht werden soll, damit eine bessere Beschleunigung erzielt werden kann, wird darüber hinaus die Menge an Elektrizität, die von der Brennstoffzelle FC zu dem MG2 geliefert wird, derart erhöht, daß sie um einen vorbestimmten Wert größer ist als die Menge, die von dem MG1 geliefert wurde (Schritt SA87).

Anschließend wird in Schritt SA9 (**Fig. 5**), welcher der Traktionsregelungskorrektureinheit **122** entspricht, die Begrenzung oder Verringerung des Antriebsdrehmoments oder der Drehung der Vorderräder **66, 68** gemäß dem Anstieg des Unterstützungs-drehmoments von dem MG2 gelockert oder abgeschwächt, so daß es leichter gemacht wird, daß das Fahrzeug in dem Vierradzustand gefahren wird, wo die Menge an Elektrizität, welche von der Brennstoffzelle FC zu dem MG2 geliefert wird, derart erhöht wird, daß sie um den vorbestimmten Wert größer ist als die Menge, die vorher von dem MG1 geliefert wurde. Im Schritt SA10, welcher der Kraftstoffsteuereinheit **114** entspricht, wird, wenn die Energieerzeugung des MG1 in Schritt SA8 gestoppt ist, die Zufuhr von Kompensationskraftstoff zu der Brennkraftmaschine **14**, welche den Zweck hat, zusätzlich das Drehmoment zu erzeugen, das für die Energieerzeugung des MG1 notwendig ist, durch die Kraftstoffverteilungsvorrichtung **92** gestoppt.

Anschließend werden die Schritte SA11, SA12 und SA13 durchgeführt, um zu bestimmen, ob die Bedingungen zum Beenden der Unterstützungssteuerung erfüllt sind. Wenn der Betätigungswert θ des Gaspedales Null ist, d. h., wenn sich die Drosselklappe in einer vollständig geschlossenen Stellung befindet, wird in Schritt SA11 eine positive Entscheidung (JA) erzielt, und die Unterstützungssteuerung wird beendet, wobei eine andere Steuerung folgt. Sogar wo Schritt SA11 bestimmt, daß der Betätigungsbetrag θ des Gaspedales ungleich Null ist ("NEIN" in Schritt SA11), wird in Schritt SA14 ein Befehl erzeugt, um die Unterstützungssteuerung zu beenden, wenn Schritt SA12 bestimmt, daß die Schlupfgeschwindigkeit ΔV geringer als die vorbestimmte ΔV_1 ist, oder wenn Schritt SA13 bestimmt, daß die Fahrzeuggeschwindigkeit V über einem bestimmten Wert $V \times 2$ gehalten wird. Wenn jedoch die Schlupfgeschwindigkeit ΔV

gleich oder höher als der vorbestimmte Wert $\Delta V1$ ist (wo $\Delta V1 \leq \Delta V2$ ist) (SA12) und die Fahrzeuggeschwindigkeit V nicht über einem bestimmten Wert $V \times 2$ (SA13) gehalten wird, werden Schritt SA1 und die folgenden Schritte wiederholt durchgeführt, so daß die Unterstützungssteuerung für eine Fahrbahn mit geringem μ fortgesetzt wird.

In Schritt SA15, welcher auf Schritt SA14 folgt, wird die Zufuhr an elektrischer Energie von der Brennstoffzelle FC zu dem MG2 verringert. In Schritt SA16 wird der Traktionsregelvorrichtung 108 ein Befehl zum Stoppen der Traktionskorrektursteuerung zugeführt. In Schritt SA17 werden die Bremskräfte der Vorderradbremmen 66B, 68B verringert, um dadurch das Antriebsdrehmoment der Vorderräder 66, 68 wieder herzustellen. In Schritt SA18 wird die Kraftstoffverteilung zu der Vorderradseite geschaltet, um einen Zweirad-antrieb zu erzielen, und die Zufuhr von Kraftstoff zu der Brennstoffzelle FC wird gestoppt. Anschließend wird Schritt SA19 ausgeführt, um auf der Grundlage, ob die Schlupfgeschwindigkeit ΔV geringer als der vorbestimmte Wert $\Delta V2$ geworden ist, zu bestimmen, ob die Antriebsräder oder die Vorderräder 66, 68 nicht mehr durchdrehen. Wenn in Schritt SA19 eine negative Entscheidung (NEIN) erzielt wird, wird der Vorgang wiederholt, welcher von Schritt SA4 startet. Wenn im umgekehrten Fall in Schritt SA19 eine positive Entscheidung (JA) erzielt wird, wird eine andere Steuerung ausgeführt, wie z. B. eine Unterstützungssteuerung für eine Fahrbahn mit hohem μ .

Fig. 7 stellt eine Routine zum Steuern einer Brennstoffzellenleistung dar, welche unabhängig oder gleichzeitig mit der oben beschriebenen Steuerung durchgeführt wird. Im Schritt SB1 von Fig. 7 wird bestimmt, ob ein Durchdrehen der Antriebsräder, d. h. der Vorderräder 66, 68 oder die Hinterräder 80, 82, welche durch den MG1 oder den MG2 angetrieben werden, beispielsweise auf einer Fahrbahn mit geringem μ aufgetreten ist, während das Fahrzeug durch den MG1 oder den MG2 angetrieben wird, zu welchem die Leistung der Brennstoffzelle geliefert wird. Wenn sich von Anfang an kein Durchdrehen ereignet hat, wobei beispielsweise das Fahrzeug auf einer trockenen Fahrbahn fährt, wird in Schritt SB1 eine negative Entscheidung (NEIN) erzielt, und in den Schritten SB4 und SB5 werden negative Entscheidungen (NEIN) erzielt, auf welche Schritt SB6 folgt, in welchem eine positive Entscheidung (JA) erzielt wird. Der Steuerungsablauf fährt anschließend mit Schritt SB8 fort, in welchem die Leistung der Brennstoffzelle FC wieder hergestellt wird. Wenn jedoch ein Durchdrehen auftritt, beispielsweise weil auf einer Fahrbahn mit niedrigem μ gefahren wird, und wenn in Schritt SB1 eine positive Entscheidung (JA) erzielt wird, fährt der Steuerungsablauf mit Schritt SB2 fort, welcher der Traktionsregelereinheit 112 entspricht. In Schritt SB2 wird die Menge an elektrischer Energie, welche von der Brennstoffzelle FC zu dem MG1 oder dem MG2 geliefert wird, begrenzt, um dadurch ein Rutschen der Vorderräder 66, 68 oder der Hinterräder 80, 82 zu verringern oder zu verhindern, wobei somit eine ausreichende Zugkraft und eine verbesserte Stabilität des Fahrzeugs gesichert ist. Anschließend wird in Schritt SB3, welcher der Kraftstoffsteuerereinheit 114 entspricht, die Menge an Kraftstoff, die der Brennstoffzelle FC zugeführt wird, derart begrenzt, daß die Leistung der Brennstoffzelle FC begrenzt wird.

Wenn in Schritt SB1 eine negative Entscheidung (NEIN) erzielt wird, während die oben beschriebene Routine wiederholt geführt wird, wird in Schritt SB4 bestimmt, ob die verstrichene Zeit, welche auf die Verringerung der Leistung des MG1 oder des MG2 in Schritt SB2 folgt, eine vorbestimmte Zeitdauer erreicht oder überschritten hat. Die vorbestimmte Zeitdauer ist die maximale Zeitdauer, während der der Betrieb der Traktionsregelung in Schritt SB2 zuläs-

sig ist. In einer Anzahl von Steuerungsdurchläufen, unmittelbar nach dem Ende des Durchdrehens, wird in Schritt SB4 eine negative Entscheidung (NEIN) erzielt, und Schritt SB5 wird durchgeführt, um auf der Grundlage von beispielsweise der Änderung des Betätigungswertes θ des Gaspedales zu bestimmen, ob der Betrieb zum Erhöhen der Fahrzeugleistung durchgeführt wurde. Wenn der Betrieb zum Erhöhen der Fahrzeugleistung nicht durchgeführt wird, wird in Schritt SB5 eine negative Entscheidung (NEIN) erzielt, und Schritt SB6 bestimmt, daß die Leistung der Brennstoffzelle FC in dem vorhergehenden Durchlauf verringert wurde. Anschließend wird Schritt SB8 durchgeführt, um die Leistung der Brennstoffzelle FC auf den ursprünglichen Wert oder den normalen Ausgangswert zurück zu stellen, welcher vor dem Auftreten des Durchdrehens vorgesehen war.

Wenn andererseits der Betrieb zum Erhöhen der Fahrzeugleistung durchgeführt wird, wird in Schritt SB5 eine positive Entscheidung (JA) erzielt, und der Steuerungsablauf fährt mit Schritt SB7 fort, welcher der Einheit 126 zum Schalten einer Zufuhrquelle entspricht. In Schritt SB7 wird die Leistung der Vorrichtung 94 zum Speichern von elektrischer Energie (dem Kondensator) unmittelbar dem MG1 oder dem MG2 zugeführt, um dadurch die Fahrzeugantriebskraft schnell zu erhöhen. Wenn beispielsweise die Leistung der Speichervorrichtung 94 dem MG2 zugeführt wird, wird das Unterstützungs-drehmoment schnell erhöht, wobei somit ein verbessertes Beschleunigungsansprechverhalten gesichert ist. Wenn dann die vorbestimmte Zeitdauer verstreicht, wird in Schritt SB4 eine positive Entscheidung (JA) erzielt, und der Steuerungsablauf fährt mit Schritt SB8 fort, in welchem die Leistung der Brennstoffzelle FC auf den ursprünglichen Wert oder den normalen Ausgangswert zurück gestellt wird, welcher vor dem Auftreten des Durchdrehens vorgesehen war.

Bei der gegenwärtigen Ausführungsform, wo die oben erwähnten Bedingungen zum Starten einer Traktionsregelung erfüllt sind, ist die Traktionsregelvorrichtung 108 oder die Traktionsregelereinheit 112 dafür ausgelegt, um die Drehung oder die Antriebskräfte der Vorderräder 66, 68, derart zu begrenzen oder zu verringern, daß die Vorderräder 66, 68 auf der Fahrbahnoberfläche beispielsweise eine derartige Haftung haben, daß der Schlupfbetrag R_s der Vorderräder 66, 68 $[(\Delta V/V_F) \times 100\%]$ gleich oder geringer als der vorbestimmte Betrag R_{s1} wird, um die Zugkraft des Fahrzeugs zu erhöhen. Während das Fahrzeug sogar wenn es die Brennstoffzelle FC aufweist, beispielsweise auf einer Fahrbahn mit geringem μ , gestartet oder beschleunigt wird, steuert die Traktionsregelvorrichtung 108 den Schlupfbetrag R_s der Vorderräder 66, 68 derart, daß er gleich oder geringer als der Sollschlupfbetrag R_{s1} ist, um die Fahrzeugzugkraft zu sichern (zu erhöhen), und sie erhöht auch den Querwiderstand für eine verbesserte Fahrzeugstabilität.

Gemäß dieser Ausführungsform ist auch die Kraftstoffsteuerereinheit (Batterieleistungssteuerereinheit) 114 außerdem vorgesehen, um die Leistung der Brennstoffzelle FC während der Traktionsregelung, welche durch die Traktionsregelereinheit 112 durchgeführt wird, zu steuern. Während der Traktionsregelung der Traktionsregelereinheit 112 wird daher die Leistung der Brennstoffzelle FC durch die Kraftstoffsteuerereinheit (die Batterieleistungssteuerereinheit) 114 derart gesteuert, daß die Brennstoffzelle FC gemäß der Traktionsregelung geeignet betrieben wird. Beispielsweise unmittelbar nachdem die Traktionsregelung startet, wird der MG2 durch die elektrische Energie, welche von der Speichervorrichtung 94 geliefert wird, unmittelbar betätigt, um das Unterstützungs-drehmoment zu erzeugen. Nach einem bestimmten Zeitraum, beispielsweise wenn die verbleibende

Ladungsmenge SOC der Speichervorrichtung **94** unzureichend wird, wird die Leistung der Brennstoffzelle FC derart gesteuert, daß der MG2 durch elektrische Energie betätigt wird, welche durch die Brennstoffzelle FC erzeugt wird. Sogar wenn die Traktionsregelung für einen verlängerten Zeitraum fortgesetzt wird, wird daher der Unterstützungsantrieb, d. h. der Vierradantrieb, kontinuierlich durchgeführt.

Vorzugsweise ist die Kraftstoffsteuereinheit **114** (die Batterieleistungssteuereinheit) dafür ausgelegt, um die Leistung der Brennstoffzelle FC zu steuern, damit die Leistung des MG2 während der Traktionsregelung, welche durch die Traktionsregelungseinheit **112** durchgeführt wird, verringert wird. Wenn die Leistung des MG2 anschließend verringert werden soll, ist die Unterstützungssteuereinheit (die Elektromotorleistungssteuereinheit) **118** dafür ausgelegt, daß sie das Ausgangsdrehmoment des MG2 erhöht, wobei elektrische Energie von der Speichervorrichtung **94** verwendet wird. Somit wird die Leistung der Brennstoffzelle FC mittels der Kraftstoffsteuereinheit (der Batterieleistungssteuereinheit) **114** beim Start der Traktionsregelung verringert, und wenn die Leistung des MG2 anschließend erhöht werden soll, ist die Unterstützungssteuereinheit (die Elektromotorleistungssteuereinheit) **118** in Betrieb, um die Leistung des MG2 zu erhöhen, wobei elektrische Energie von der Speichervorrichtung **94** verwendet wird, wobei somit ein hohes Beschleunigungsansprechverhalten gesichert ist.

Bei der gegenwärtigen Ausführungsform ist das Fahrzeug ein Fahrzeug mit Vierradantrieb oder ein Fahrzeug mit Vorderrad- und Hinterradantrieb, in welchem die Brennkraftmaschine **14** die Funktion eines Antriebsmotors hat, um die Vorderräder **66, 68** anzutreiben, und in welchem der MG2 die Funktion eines Elektromotors hat, um die Hinterräder **80, 82** anzutreiben. Mit dieser Art von Fahrzeug mit Vierradantrieb, welches mit der Traktionsregelvorrichtung **108** versehen ist, kann die Traktionsregelung oder die Unterstützungssteuerung erzielt werden, welche dafür geeignet ist, mit dem Durchdrehen der Vorderräder **66, 68** zurecht zu kommen, damit eine verbesserte Fahrzeugstabilität geschaffen wird.

Gemäß dieser Ausführungsform verringert die Traktionsregelvorrichtung **108** die Leistung des Antriebsmotors zum Antrieb der Vorderräder oder der Hinterräder, um die Traktionsregelung durchzuführen. Die Unterstützungssteuereinheit (die Elektromotorleistungssteuereinheit) **118** treibt den MG2 zum Antreiben der Hinterräder **80, 82** durch elektrische Energie von der Brennstoffzelle FC und der Speichervorrichtung **94** an. Somit wird in dem Fahrzeug mit Vierradantrieb, welches mit der Traktionsregelvorrichtung versehen ist, der MG2 zum Antreiben der Hinterräder **80, 82** mit einem verbesserten Ansprechverhalten betätigt, wobei elektrische Energie von der Speichervorrichtung **94** und der Brennstoffzelle FC verwendet wird.

Außerdem weist bei der gegenwärtigen Ausführungsform das Fahrzeug mit Vorderrad- und Hinterradantrieb den MG1 (den Generator) auf, welcher durch die Brennkraftmaschine **14** angetrieben wird. Der MG2 zum Antreiben der Hinterräder **80, 82** wird durch elektrische Energie angetrieben, welche durch den MG1 erzeugt wird. Wenn die Energieerzeugung des MG1 aufgrund von Wärme, welche durch den MG1 erzeugt wird, oder aus einem anderen Grund begrenzt ist, wird der MG2 durch elektrische Energie von der Brennstoffzelle FC angetrieben. Daher kann der Unterstützungsantrieb der Hinterräder **80, 82** durch Verwendung des MG2 für einen praktisch unbegrenzten Zeitraum fortgeführt werden, während der MG2 in Betrieb gehalten wird.

Gemäß der Ausführungsform ist außerdem die Kraftstoffverteilungsvorrichtung **92** vorgesehen, um den Kraftstoff auf die Brennstoffzelle FC und die Brennkraftmaschine **14**

zu verteilen. Die Kraftstoffverteilungsvorrichtung **92** wird während der Traktionsregelung, welche durch die Traktionsregelvorrichtung **108** durchgeführt wird, gesteuert. Weil die Kraftstoffverteilungsvorrichtung **92** zum Verteilen von Brennstoff auf die Brennstoffzelle FC und die Brennkraftmaschine **14** während der Traktionsregelung oder der Unterstützungssteuerung gesteuert wird, führt die Traktionsregelvorrichtung **108** die Traktionsregelung oder die Unterstützungssteuerung für den Vierradantrieb auf geeignete Art und Weise durch, wobei die Steuerung der Kraftstoffverteilung verwendet wird. Wenn der Kraftstoff, der auf die Brennkraftmaschine **14** verteilt wird, verringert wird, um eine Wirkung der Traktionsregelung vorzusehen, wird die Sollbremskraft von den Vorderrädern **66, 68** verringert oder beseitigt. Daher wird im Vergleich zu dem Fall, wo sich die Traktionsregelung nur auf die Bremsen **66B, 68B** verläßt, der Kraftstoffverlust verringert.

Darüber hinaus führt bei der gegenwärtigen Ausführungsform die Traktionsregelvorrichtung **108** die Traktionsregelung dadurch durch, daß die Vorderradbremse **66B, 68B** betätigt werden, um auf die Vorderräder **66, 68** Bremskräfte aufzubringen, und somit die Drehung der Vorderräder **66, 68** zu verringern. Somit kann bei der Traktionsregelung, die durch die Traktionsregelvorrichtung **108** durchgeführt wird, ein hohes Regelansprechverhalten erzielt werden.

Gemäß dieser Ausführungsform ist die Traktionsregelungskorrektureinheit **122** außerdem vorgesehen, um die Traktionsregelung durch die Traktionsregelvorrichtung **108** auf der Grundlage des Betriebszustandes der Brennstoffzelle FC zu korrigieren. Weil die Traktionsregelung auf der Grundlage des Betriebszustandes der Brennstoffzelle FC korrigiert wird, kann die Traktionsregelung, welche für den Leistungsausgabezustand der Brennstoffzelle FC geeignet ist, vorteilhafterweise durchgeführt werden. Beispielsweise während sich die Menge an elektrischer Energie, welche von der Brennstoffzelle FC dem MG2 zugeführt wird, mit anderen Worten, das durch den MG2 erzeugte Unterstützungs-drehmoment, erhöht, wird die Begrenzung oder Verringerung der Antriebskräfte (der Drehung) der Vorderräder **66, 68**, welche durch die Traktionsregelung bewirkt wird, gelockert oder abgeschwächt, um dadurch das Fahren des Fahrzeugs mit Vierrad zu erleichtern.

Gemäß der Ausführungsform wird außerdem während das Fahrzeug fährt, in welchem der MG1 oder der MG2 durch die Leistung der Brennstoffzelle FC angetrieben/gesteuert wird, die Energie von der Brennstoffzelle FC zu dem MG1 oder dem MG2 derart begrenzt, daß ein Durchdrehen des Antriebsrades (der Antriebsräder) unter der Traktionsregelung (der Traktionsregelungseinheit **112, SB2**) begrenzt ist. Wenn die Leistung des Fahrzeugs anschließend erhöht werden soll, wird von der Vorrichtung **94** zum Speichern von elektrischer Energie dem MG1 oder dem MG2 (der Einheit **126** zum Schalten einer Zufuhrquelle, **SB7**) elektrische Energie zugeführt, und anschließend wird die Leistung der Brennstoffzelle FC, welche beim Ansteigen oder Starten relativ langsam ist, zugeführt (**SB8**). Demgemäß können ein gewünschtes Fahrzeugansprechverhalten und ein gewünschtes Beschleunigungsansprechverhalten erzielt werden.

Anschließend werden andere Ausführungsformen der Erfindung beschrieben. Bei der folgenden Beschreibung werden die gleichen Bezugszeichen, wie sie bei der vorhergehenden Ausführungsform verwendet wurden, verwendet, um entsprechende Elemente oder Abschnitte zu kennzeichnen, von welchen keine detaillierte Beschreibung geliefert wird.

Die Fig. 8 und 9 sind Flußdiagramme, welche Steuerrou-tinen darstellen, die die Unterstützungssteuerroutine von

Fig. 5 und die Koordinationssteueroutine von **Fig. 6** ersetzen können. Die Unterstützungssteueroutine von **Fig. 8** unterscheidet sich von der Unterstützungssteueroutine von **Fig. 5** darin, daß Schritt SA9 weggelassen und die Schritte SA15 bis SA19 durch die Schritte SA20 bis SA22 ersetzt sind. Die Routine von **Fig. 9** unterscheidet sich von der Routine von **Fig. 6** darin, daß der Schritt SA87 durch die Schritte SA88 bis SA90 ersetzt ist. Diese Unterschiede werden unterhalb hauptsächlich erklärt.

In SA4 von **Fig. 8**, welcher der Traktionsregleinheit 112 entspricht, wird die Menge an Kraftstoff, die auf die Brennkraftmaschine unter der Kraftstoffverteilungssteuerung verteilt wird, welche durch die Kraftstoffverteilungsrichtung 92 durchgeführt wird, derart verringert, daß das Ausgangsdrehmoment der Brennkraftmaschine 14, wobei dadurch die Drehung der Antriebsräder begrenzt oder verringert wird, oder des MG1 verringert wird. Bei der Koordinationssteuerung von Schritt SA8 gemäß **Fig. 9** wird in Schritt SA88 auf der Grundlage eines Signals von einem (nicht gezeigten) Temperatursensor bestimmt, ob die Isttemperatur der Brennstoffzelle FC gleich oder höher als eine voreingestellte zulässige Temperatur geworden ist. Wenn in Schritt SA88 eine positive Entscheidung erzielt wird, fährt der Steuerungsablauf mit Schritt SA89 fort. In SA89 wird, um die Lasten der Brennstoffzelle und des MG1 zu verringern, der MG1, welcher die Funktion eines Generators hat, nun verwendet, um einen Teil der Menge an elektrischer Energie, welche dem MG2 nur von der Brennstoffzelle FC soweit zugeführt wurde, dem MG2 zuzuführen, so daß der Vierradantrieb fortgesetzt wird. Wenn im umgekehrten Fall in Schritt SA88 eine negative Entscheidung (NEIN) erzielt wird, fährt der Steuerungsablauf mit Schritt SA90 fort, und der MG2 wird weiterhin mit elektrischer Energie nur von der Brennstoffzelle FC versorgt, während die Zufuhr von dem MG1 gestoppt gehalten wird.

In Schritt SA20 von **Fig. 8**, welcher ausgeführt wird, nachdem ein Befehl zum Beenden der Unterstützungssteuerung erzeugt ist, wird die Menge an elektrischer Energie, welche von der Brennstoffzelle FC dem MG2 zugeführt wird, d. h. das Unterstützungsdrehmoment des MG2 (die Antriebskräfte der Hinterräder 80, 82) allmählich verringert. Während das Unterstützungsdrehmoment somit verringert wird, wird die Menge an Kraftstoff, die der Brennkraftmaschine 14 zugeführt wird, erhöht, um die Antriebskräfte der Vorderräder 66, 68 zu erhöhen, so daß die Antriebskraft des gesamten Fahrzeugs beibehalten wird. Anschließend wird in Schritt SA21, welcher der Einheit 124 entspricht, bestimmt, ob das Durchdrehen der Vorderräder 66, 68 als die Antriebsräder unmittelbar nach der Unterstützungssteuerung aufgetreten ist. Wenn in Schritt SA21 eine negative Entscheidung (NEIN) erzielt wird, werden Schritt SA1 und die anschließenden Schritte wiederholt durchgeführt. Wenn im umgekehrten Fall in Schritt SA21 eine positive Entscheidung (JA) erzielt wird, fährt der Steuerungsablauf mit Schritt SA22 fort, welcher der Einheit 126 zum Schalten einer Zufuhrquelle entspricht. In Schritt SA22 wird die Ausgabe der elektrischen Energie von der Brennstoffzelle FC zu dem MG2 gestoppt, so daß eine Wärmeerzeugung der Brennstoffzelle unterdrückt wird, und die Quelle, von welcher elektrische Energie dem MG2 zugeführt wird, wird zu dem MG1 umgeschaltet, während das von dem MG2 erzeugte Unterstützungsdrehmoment allmählich verringert wird.

Wie es oben beschrieben wurde, schafft diese Ausführungsform im wesentlichen die gleichen Wirkungen oder Vorteile, wie sie durch die vorhergehende Ausführungsform geschaffen wurden. Wenn die Traktionsregelung aufgrund eines erneuten Auftretens des Durchdrehens durchgeführt wird, während das Fahrzeug im Vierradbetrieb gefahren

wird, wobei der MG2 durch die Leistung der Brennstoffzelle FC unter der Traktionsregelung angetrieben wird, wird außerdem die Zufuhr von der Brennstoffzelle FC zu dem MG2 begrenzt, und daher wird die Wärmeerzeugung der Brennstoffzelle FC auf geeignete Weise verhindert. Während des Zeitraumes der Traktionsregelung, in welchem die Leistung der Brennstoffzelle FC begrenzt ist, wird dem MG2 elektrische Energie, welche durch den durch die Brennkraftmaschine 14 angetriebenen MG1 erzeugt wird, zugeführt. Daher ist trotz der Begrenzung der Leistung von der Brennstoffzelle FC der Unterstützungsbetrieb, welcher durch den MG2 durchgeführt wird, nicht begrenzt. Während die Last auf die Brennkraftmaschine 114 aufgrund des Antriebens des MG1 ansteigt, verringern sich die Antriebskräfte der Vorderräder 66, 68, was zu einer weiteren Verbesserung der Traktionsregelungswirkung führt.

Fig. 10 stellt eine Steueroutine dar, welche die Unterstützungssteueroutine ersetzen kann, die in **Fig. 5** dargestellt ist. Es ist beabsichtigt, daß die Unterstützungssteueroutine von **Fig. 10** zu dem Zeitpunkt, zu dem die Vorderräder 66, 68 durchdrehen, was durch einen Beschleunigungsbetrieb verursacht wird, während das Fahrzeug gefahren wird, eine Unterstützungssteuerung schafft. Die Routine von **Fig. 10** unterscheidet sich von der Routine von **Fig. 5** darin, daß die Schritte SA4, SA5, SA7 bis SA10 und SA15 bis SA19 weggelassen und die Schritte SA29 bis SA34 vorgesehen sind. Diese Unterschiede werden unterhalb hauptsächlich beschrieben.

Es wird auf **Fig. 10** Bezug genommen. Nachdem in Schritt SA6 die Unterstützungssteuerung für eine Fahrbahn mit geringem μ gestartet ist, wird dem MG2 elektrische Energie von dem MG1 zugeführt, welcher durch die Brennkraftmaschine 14 angetrieben wird, so daß die Hinterräder 80, 82 in Schritt SA30, welcher der Traktionsregleinheit 112 entspricht, ein Unterstützungsdrehmoment erzeugen. Als ein Ergebnis hieraus wird das Fahrzeug in einen Fahrzustand mit Vierradantrieb gebracht. In diesem Zustand wird, weil ein Teil des Ausgangsdrehmoments der Brennkraftmaschine 14 zum Anreiben des MG1 verbraucht wird, das Drehmoment zum Anreiben der Vorderräder 66, 68 dementsprechend verringert und die Drehung der Vorderräder 66, 68 eingeschränkt. Somit wird eine wesentliche Traktionsregelung realisiert. Anschließend wird in Schritt SA31 bestimmt, ob sich die Fahrzeuggeschwindigkeit erhöht hat, wie in Schritt SA5.

Wenn in Schritt SA31 eine negative Entscheidung (NEIN) erzielt wird, wird der Hinterradunterstützungsbetrieb fortgesetzt, wobei Schritt SA3 und die anschließenden Schritte wiederholt durchgeführt werden. Wenn im umgekehrten Fall in Schritt SA31 eine positive Entscheidung (JA) erzielt wird, hat die Fahrzeuggeschwindigkeit aufgrund der Wirkung der Traktionsregelung zugenommen. In dem nächsten Schritt SA32 wird daher bestimmt, ob als Reaktion auf ein Beschleunigen während der Fahrzeugfahrt ein Befehl zum Herunterschalten erzeugt oder ausgeführt wurde. Wenn in Schritt SA32 eine negative Entscheidung (NEIN) erzielt wird, wird die Unterstützungssteuerung fortgesetzt, wobei Schritt SA6 und die anschließenden Schritte durchgeführt werden.

Wenn im umgekehrten Fall in Schritt SA33 eine positive Entscheidung (JA) erzielt wird, bedeutet das, daß aufgrund eines Herunterschaltens unter Energiezufuhr ein Durchdrehen aufgetreten war. In dem nächsten Schritt SA34, welcher der Traktionsregleinheit 112 entspricht, wird die Unterstützungssteuerung (die Traktionsregelung), welche durch Verwendung von elektrischer Energie durchgeführt wird, die dem MG2 von dem MG1 zugeführt wird, gestoppt, und die Antriebskraftverteilungssteuerung wird auf der Grundlage

von nur der Brennstoffverteilung durchgeführt. Das heißt, weil das Gaspedal auf einen vorbestimmten Wert oder stärker durchgedrückt wurde, um ein Herunterschalten zu bewirken, war die Drehzahl der Brennkraftmaschine 14 angestiegen und die Motorlast durch den MG1 hatte sich verringert, wobei somit ein Durchdrehen verursacht wurde. Daher wird der Kraftstoff, welcher der Brennkraftmaschine 14 durch die Brennstoffverteilungsvorrichtung 92 zugeführt wird, derart verringert, das die Drehung (das Durchdrehen) der Vorderräder 66, 68 verringert wird, und zur gleichen Zeit wird der Kraftstoff der Brennstoffzelle FC durch die Kraftstoffverteilungsvorrichtung 92 zugeführt wird, so daß der Unterstützungsbetrieb durchgeführt wird, wobei elektrische Energie verwendet wird, welche dem MG2 von der Brennstoffzelle FC zugeführt wird, um die Antriebskraft des gesamten Fahrzeugs beizubehalten.

Gemäß dieser Ausführungsform ist die Kraftstoffverteilungsvorrichtung 92 zum Verteilen von Kraftstoff auf die Brennstoffzelle FC und die Brennkraftmaschine 14 vorgesehen, und die Kraftstoffverteilungsvorrichtung 92 wird während der Traktionsregelung gesteuert, welche durch die Traktionsregeleneinheit 112 durchgeführt wird. Somit können die Traktionsregelung und die Vierradantriebssteuerung durch die Verteilungssteuerung durchgeführt werden, welche durch die Kraftstoffverteilungsvorrichtung 92 durchgeführt wird.

D. h., wenn bei einem Herunterschalten unter Energiezuführung ein Antriebsrad (eines der Antriebsräder) durchdreht, wird die Leistung der Brennkraftmaschine 14 derart verringert, dass die Drehung der Vorderräder 66, 68 begrenzt wird, und gleichzeitig wird der Kraftstoff der Brennstoffzelle FC durch die Kraftstoffverteilungsvorrichtung 92 zugeführt, so daß der Unterstützungsbetrieb durchgeführt wird, wobei elektrische Energie verwendet wird, welche dem MG2 von der Brennstoffzelle FC zugeführt wird, um die Antriebskraft des gesamten Fahrzeugs aufrecht zu erhalten. Somit können eine günstige Traktionsregelung und ein Fahren im Vierradbetrieb erreicht werden.

Fig. 11 ist ein Flußdiagramm, welches eine Steuerroutine darstellt, die die Unterstützungssteuerroutine ersetzen kann, welche in Fig. 5 dargestellt ist. Es ist beabsichtigt, daß die Unterstützungssteuerroutine von Fig. 11 eine höhere Priorität dahingehend hat, die Brennstoffzelle FC, welche eine hohe Brennstoffeffizienz aufweist, zu betreiben, wenn der verbleibende Kraftstoff während eines Fahrzeugbetriebs gleich oder geringer als ein vorbestimmter Wert wird. Die Routine von Fig. 11 unterscheidet sich von der Routine von Fig. 5 darin, daß die Schritte SA9 und SA15 bis SA19 weggelassen und statt dessen die Schritte SA35 und SA36, welche auf den Schritt SA5 folgen, vorgesehen sind. Unterhalb werden hauptsächlich die Unterschiede beschrieben.

Es wird auf Fig. 11 Bezug genommen. In Schritt SA35, welcher der Einheit 128 zum Bestimmen eines Kraftstoffmangels entspricht, wird bestimmt, ob die verbleibende Menge an Kraftstoff, wie z. B. eines flüssigen Kraftstoffs oder eines gasförmigen Kraftstoffs, in dem Kraftstofftank 88 gleich oder größer als ein voreingestellter Mangelbeurteilungswert ist. Wenn in Schritt SA35 eine positive Entscheidung (JA) erzielt wird, fährt der Steuerungsablauf mit Schritt SA36 fort, welcher der Einheit 126 zum Schalten einer Zufuhrquelle entspricht. In Schritt SA36 wird, um die Zufuhr (die direkte Zufuhr) von elektrischer Energie von dem MG1, welcher durch die Brennkraftmaschine 14 angetrieben wird, zu dem MG2 für den Vierradantrieb zu stoppen, die Kraftstoffzufuhr zu der Brennkraftmaschine 14 durch die Kraftstoffverteilungsvorrichtung 92 verringert oder gestoppt, um die Brennkraftmaschine 14 in den Leerlauf zu bringen oder zu stoppen. Darüber hinaus werden die

Kupplungen C1, C2 außer Eingriff gebracht oder gelöst, um dadurch den Kraftübertragungsweg von der Brennkraftmaschine 14 zu den Vorderrädern 66, 68 zu trennen. In der Zwischenzeit wird durch die Kraftstoffverteilungsvorrichtung 92 der Brennstoffzelle FC Kraftstoff zugeführt, so daß dem MG2 elektrische Energie von der Brennstoffzelle FC zugeführt wird. Somit wird durch das Hinterradantriebssystem, in welchem der MG2, der eine hohe mechanische Übertragungseffizienz hat, die Funktion eines Antriebsmotors oder einer Antriebsquelle hat, der Zweiradantriebsbetrieb durchgeführt. Wo der Vierradantrieb notwendig ist, wird die erste Kupplung C1 in Eingriff gebracht und dem MG1 wird elektrische Energie von der Brennstoffzelle FC zugeführt, so daß die Vorderräder 66, 68 angetrieben werden.

Gemäß dieser Ausführungsform wird, wenn die verbleibende Menge an Kraftstoff, wie z. B. an flüssigem Kraftstoff oder gasförmigem Kraftstoff, in dem Kraftstofftank 88 geringer als der vorbestimmte Wert wird, der Betrieb der Brennkraftmaschine 14, welche eine relativ geringe Effizienz hat, gestoppt oder begrenzt, während die Brennstoffzelle FC, welche eine hohe Effizienz hat, in Betrieb genommen wird, so daß das Fahrzeug durch das Hinterradantriebssystem angetrieben wird, in welchem der MG2, welcher eine hohe mechanische Übertragungseffizienz hat, die Funktion eines Antriebsmotors hat, oder das Fahrzeug wird durch das Vierradantriebssystem angetrieben, wobei der Hinterradantrieb und der Vorderradantrieb verwendet werden. Daher kann das Fahrzeug mit der verbleibenden Kraftstoffmenge so lange wie möglich gefahren werden, wobei somit eine weiter verbesserte Kraftstoffeffizienz gesichert ist.

Während Ausführungsformen der Erfindung in Bezug auf die Zeichnungen beschrieben wurden, kann die Erfindung anderweitig ausgestaltet sein.

Bei den dargestellten Ausführungsformen ist das Fahrzeug mit Vorder- und Hinterradantrieb (Vierradantrieb) ein derartiges Fahrzeug, bei welchem die Vorderräder 66, 68 durch die primäre Antriebseinheit 10, welche die Brennkraftmaschine 14 und den MG1 aufweist, und die Hinterräder 80, 82 durch die sekundäre Antriebseinheit 12, welche den MG2 aufweist, angetrieben werden. Das Fahrzeug mit Vierradantrieb kann jedoch auch ein derartiges Fahrzeug sein, bei welchem die Hinterräder 80, 82 durch die primäre Antriebseinheit 10 und die Vorderräder 66, 68 durch die sekundäre Antriebseinheit 12 angetrieben werden. Außerdem kann die Erfindung bei Fahrzeugen verwendet werden, bei welchen ein oder zwei Elektromotore (Motore-Generatoren) vorgesehen sind, um die Vorderräder 66, 68 oder die Hinterräder 80, 82 anzutreiben, oder sie kann bei Fahrzeugen verwendet werden, bei welchen anstelle des stufenlosen Getriebes 20 ein stufenweise verstellbares Getriebe vorgesehen ist, bei welchem eine Vielzahl von Getriebestufen vorhanden sind.

Die Ausführungsformen, welche in den Fig. 5, 7, 8, 10 und 11 dargestellt sind, können gleichzeitig durch ein Steuerungssystem eines einzigen Fahrzeugs durchgeführt werden.

Wenn das Fahrzeug mit einer Last startet, die gleich oder geringer als ein vorbestimmter Wert ist, kann der Kraftstoff, der erforderlich ist, um das Fahrzeug zu starten, teilweise von der Brennstoffzelle FC zugeführt werden, ohne daß er vollständig der Brennkraftmaschine 14 zugeführt wird, so daß das Verhältnis der Antriebskraft, welche durch den MG1 oder den MG2 erzeugt wird, für eine verbesserte Effizienz ansteigt. Während der Unterstützungsantrieb mit elektrischer Energie, welche von der Vorrichtung 94 zum Speichern von elektrischer Energie geliefert wird, während eines Fahrzeugstarts oder einer Fahrzeugbeschleunigung in dem Fahrzeug der dargestellten Ausführungsformen durchgeführt wird, kann die Leistung der Brennstoffzelle FC zusätz-

lich zu der von der Speichervorrichtung **94** verwendet werden, um den Unterstützungsantrieb durchzuführen, wenn das Fahrzeug dazu neigt, daß es beschleunigt wird oder mehr Energie benötigt, oder wenn das Fahrzeug nicht ausreichend beschleunigt wird, weil die Fahrzeuglast ansteigt. 5

Wenn das oben beschriebene Fahrzeug in einer Verkehrsstauung fährt, kann der Vorderradkraftübertragungsweg in eine neutrale Stellung gebracht werden, so daß das Fahrzeug in der Zweiradbetriebsart mit elektrischer Energie gestartet wird, welche dem MG2 von dem MG1 zugeführt wird. 10 Wenn das Gaspedal bis zu einem bestimmten Grad betätigt wird, kann der Zweiradantrieb mit elektrischer Energie durchgeführt werden, welche dem MG2 von der Brennstoffzelle FC zugeführt wird, um das Startbeschleunigungsgefühl zu verbessern. Bei Zwischenfahrzeuggeschwindigkeiten und hohen Fahrzeuggeschwindigkeiten nach dem Start kann die Leistung der Brennkraftmaschine **14** derart gesteuert werden, daß der Mangel bei der Leistung von dem MG2 ergänzt wird, so daß eine Sollfahrzeugbeschleunigung durch den MG2 und die Brennkraftmaschine **14** erzielt werden kann. 20

Wenn die Ladungsmenge SOC der Vorrichtung **94** zum Speichern von elektrischer Energie 100% beträgt, d. h., wenn während der Regeneration in dem oben beschriebenen Fahrzeug kein weiterer Platz mehr zum Laden vorhanden ist, ist es außerdem auch möglich, elektrische Energie zu verwenden, welche durch die Regeneration zum Elektrolysieren von Wasser erzeugt wurde, welches von der Brennstoffzelle FC abgelassen wurde, oder Wasser, welches während der Entfeuchtung der Klimaanlage oder ähnlichem abgelassen wurde, und den sich daraus ergebenden Wasserstoff der Brennstoffzelle FC oder dem Wasserstoffbehälter **96** zuzuführen. 25

Wenn sich die Traktionswirkung des oben beschriebenen Fahrzeugs verringert, wobei sich die Last der Brennkraftmaschine **14** aufgrund einer hohen Drehzahl bei einer Beschleunigung während einer Fahrt auf einer Fahrbahn mit geringem μ verringert, kann außerdem die Leistung des MG2 dadurch erhöht werden, daß die Kraftstoffzufuhr zu der Brennkraftmaschine **14** begrenzt und gleichzeitig der Kraftstoff zu der Brennstoffzelle FC zugeführt wird. 30

Um einen ökonomischen Betrieb zu erzielen, kann das oben beschriebene Fahrzeug mit dem MG1 und/oder dem MG2 gestartet werden, und die Brennkraftmaschine **14** kann nach dem Start in Betrieb genommen werden, so daß eine Fahrzeugstartzeitverzögerung verhindert wird. Wenn die Brennkraftmaschine nicht gestartet wird, kann die Zufuhr von der Brennstoffzelle FC zu dem MG1 und/oder dem MG2 fortgesetzt werden. 35

Während einige bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung in Bezug auf die Zeichnungen beschrieben wurden, ist es ersichtlich, daß die vorhergehenden Ausführungsformen nur zur Darstellung der Erfindung gedacht sind und daß die Erfindung auf der Grundlage des Fachwissens eines Fachmanns auch mit verschiedenen Modifikationen und Verbesserungen ausgestaltet sein kann. 40

Es ist ein Steuerungssystem für ein Fahrzeug mit einer Brennstoffzelle und einem Elektromotor, welcher Antriebsräder des Fahrzeugs mit elektrischer Energie antreibt, die durch die Brennstoffzelle erzeugt wurde, vorgesehen, worin eine Traktionsregelvorrichtung die Leistung der Antriebsräder derart regelt, daß eine Zugkraft des Fahrzeugs gesichert ist, wenn eine bestimmte Bedingung zum Starten der Traktionsregelung erfüllt ist. 45

Patentansprüche

1. Steuerungssystem für ein Fahrzeug mit einer Brenn-

stoffzelle (FC) und einem Elektromotor (MG2), welcher Antriebsräder des Fahrzeugs mit elektrischer Energie antreibt, die durch die Brennstoffzelle erzeugt wird, wobei das Steuerungssystem aufweist: eine Traktionsregelvorrichtung (**108**, **112**), um die Leistung der Antriebsräder derart zu regeln, daß eine Zugkraft des Fahrzeugs gesichert ist, wenn eine vorbestimmte Bedingung zum Starten der Traktionsregelung erfüllt ist. 2.

2. Steuerungssystem nach Anspruch 1, das außerdem aufweist: eine Vorrichtung (**114**) zum Steuern der Leistung der Brennstoffzelle (FC), um die Leistung der Brennstoffzelle (FC) während einer Traktionsregelung durch die Traktionsregelvorrichtung (**108**, **112**) zu steuern. 3.

3. Steuerungssystem nach Anspruch 2, das außerdem aufweist:

eine Vorrichtung (**118**) zum Steuern der Leistung eines Elektromotors; und

eine Vorrichtung (**94**) zum Speichern von elektrischer Energie;

worin die Vorrichtung (**114**) die Leistung der Brennstoffzelle verringert, um dadurch die Leistung des Elektromotors während der Traktionsregelung durch die Traktionsregelvorrichtung (**108**, **112**) zu verringern; und

worin dann, wenn die Leistung des Elektromotors anschließend verringert werden soll, die Vorrichtung (**118**) das Ausgangsdrehmoment des Elektromotors erhöht, wobei elektrische Energie von der Vorrichtung (**94**) zum Speichern von elektrischer Energie verwendet wird. 4.

4. Steuerungssystem nach einem der Ansprüche 1-3, worin das Fahrzeug ein erstes und ein zweites Paar Räder aufweist, wobei eines der ersten und zweiten Paare Vorderräder (**66**, **68**) und das andere Paar Hinterräder (**80**, **82**) aufweist, um worin das erste Paar Räder durch eine Brennkraftmaschine (**14**) und das zweite Paar Räder durch den Elektromotor (MG2) angetrieben werden. 5.

5. Steuerungssystem nach Anspruch 4, das außerdem aufweist:

eine Vorrichtung (**118**) zum Steuern einer Leistung eines Elektromotors; und

eine Vorrichtung (**94**) zum Speichern von elektrischer Energie;

worin die Traktionsregelvorrichtung (**108**, **112**) die Leistung der Brennkraftmaschine verringert, welche das erste Paar Räder derart antreibt, daß eine Traktionsregelung durchgeführt wird, und worin die Vorrichtung (**118**) zum Steuern einer Leistung eines Elektromotors den Elektromotor unter Verwendung von elektrischer Energie antreibt, welche von der Vorrichtung (**94**) zum Speichern von elektrischer Energie und der Brennstoffzelle (FC) zugeführt wird. 6.

6. Steuerungssystem nach Anspruch 4, das außerdem aufweist:

eine Vorrichtung (**118**) zum Steuern einer Leistung eines Elektromotors;

worin das Fahrzeug außerdem einen Generator (MG1) aufweist, welcher durch die Brennkraftmaschine angetrieben wird, und worin die Vorrichtung (**118**) zum Steuern einer Leistung eines Elektromotors den Elektromotor antreibt, welcher das zweite Paar Räder antreibt, wobei elektrische Energie verwendet wird, welche von dem Generator (MG1) geliefert wird, und worin sie den Elektromotor unter Verwendung von elektrischer Energie antreibt, welche von der Brennstoffzelle (FC) geliefert wird, wenn eine Erzeugung von elektri-

scher Energie des Generators begrenzt ist.

7. Steuerungssystem nach Anspruch 4, das außerdem aufweist:

eine Vorrichtung (118) zum Steuern einer Leistung eines Elektromotors; und

eine Vorrichtung (94) zum Speichern von elektrischer Energie;

worin das Fahrzeug außerdem einen Generator (MG1) aufweist, welcher durch die Brennkraftmaschine angetrieben wird, und worin die Vorrichtung (118) zum Steuern einer Leistung eines Elektromotors den Elektromotor unter Verwendung von elektrischer Energie antreibt, welche von wenigstens der Vorrichtung (94) zum Speichern von elektrischer Energie, dem Generator (MG1) oder der Brennstoffzelle (FC) geliefert wird.

8. Steuerungssystem nach Anspruch 7, das außerdem eine Koordinationssteuervorrichtung (120) aufweist, um die Betriebe der Vorrichtung (94) zum Speichern von elektrischer Energie, des Generators (MG1) und der Brennstoffzelle (FC) derart zu koordinieren, daß Mengen an elektrischer Energie, welche jeweils von der Vorrichtung (94) zum Speichern von elektrischer Energie, dem Generator (MG1) und der Brennstoffzelle (FC) dem Elektromotor (MG2) zugeführt werden, eingestellt werden.

9. Steuerungssystem nach einem der Ansprüche 4–8, das außerdem eine Kraftstoffverteilungsvorrichtung (92) aufweist, um Kraftstoff auf die Brennstoffzelle und die Brennkraftmaschine zu verteilen, wobei die Traktionsregelvorrichtung (108, 112), die Kraftstoffverteilungsvorrichtung (92) während der Traktionsregelung steuert.

10. Steuerungssystem nach Anspruch 9, worin die Kraftstoffverteilungsvorrichtung (92) die Menge an Kraftstoff verringert, die der Brennkraftmaschine (14) zugeführt werden soll, wenn eine Menge an Kraftstoff, die in einem Kraftstofftank des Fahrzeugs verbleibt, gleich oder geringer als ein vorbestimmter Wert ist.

11. Steuerungssystem nach einem der Ansprüche 4–10, worin die Traktionsregelvorrichtung (108, 112) die Leistung der Brennstoffzelle begrenzt, wenn das Antreiben des Elektromotors (MG2) durch die Leistung der Brennstoffzelle (FC) während der Traktionsregelung gesteuert wird.

12. Steuerungssystem nach einem der Ansprüche 1–3, worin das Fahrzeug ein Paar von Vorderrädern und ein Paar von Hinterrädern aufweist, und worin eines der Paare Vorderräder und Hinterräder durch einen ersten Elektromotor und das andere Paar durch einen zweiten Elektromotor angetrieben werden.

13. Steuerungssystem nach einem der Ansprüche 1–12, worin die Traktionsregelvorrichtung (108, 112) eine Traktionsregelung durchführt, indem Radbremsen (66_{WB}, 68_{WB}, 80_{WB}, 82_{WB}) betätigt werden, welche auf Räder (66, 68, 80, 82) des Fahrzeugs eine Bremskraft aufbringen.

14. Steuerungssystem nach einem der Ansprüche 1–13, das außerdem eine Korrekturvorrichtung (122) aufweist, um auf der Grundlage eines Betriebszustandes der Brennstoffzelle (FC) die Traktionsregelung durch die Traktionsregelvorrichtung (108, 112) zu korrigieren.

15. Steuerungsverfahren in einem Fahrzeug mit einer Brennstoffzelle (FC) und einem Elektromotor (MG2) mit den Schritten:

Antreiben von Antriebsrädern des Fahrzeugs mit elektrischer Energie, welche durch die Brennstoffzelle (FC) erzeugt wird, und

Verwenden einer Traktionsregelvorrichtung (108, 112), um die Leistung der Antriebsräder derart zu regeln, daß eine Zugkraft des Fahrzeugs gesichert ist, wenn eine vorbestimmte Bedingung zum Starten der Traktionsregelung erfüllt ist.

16. Steuerungsverfahren nach Anspruch 15, das außerdem aufweist: Verwenden einer Vorrichtung (114) zum Steuern einer Leistung der Brennstoffzelle, um die Leistung der Brennstoffzelle während der Traktionsregelung durch die Traktionsregelvorrichtung (108, 112) zu steuern.

17. Steuerungsverfahren nach Anspruch 16, das außerdem aufweist:

Verwenden einer Vorrichtung (118) zum Steuern einer Leistung des Elektromotors (MG2);

Verwenden der Vorrichtung (114) zum Steuern der Leistung der Brennstoffzelle, um die Leistung der Brennstoffzelle (FC) zu verringern, damit dadurch die Leistung des Elektromotors während der Traktionsregelung durch die Traktionsregelvorrichtung (108, 112) verringert wird; und

wenn die Leistung des Elektromotors (MG2) anschließend erhöht werden soll, Verwenden der Vorrichtung (118), um das Ausgangsdrehmoment des Elektromotors unter Verwendung von elektrischer Energie von einer Vorrichtung (94) zum Speichern von elektrischer Energie zu erhöhen.

18. Steuerungsverfahren nach einem der Ansprüche 15–17, worin das Fahrzeug ein erstes Paar Räder und ein zweites Paar Räder aufweist, wobei eines von dem ersten und zweiten Paar Räder Vorderräder (66, 68) und das andere Hinterräder (80, 82) aufweist, und worin das erste Paar Räder durch eine Brennkraftmaschine (14) und das zweite Paar Räder durch den Elektromotor (MG2) angetrieben werden.

19. Steuerungsverfahren nach Anspruch 18, das außerdem aufweist:

Verwenden einer Vorrichtung (118) zum Steuern einer Leistung des Elektromotors (MG2);

Verwenden einer Vorrichtung (94) zum Speichern von elektrischer Energie; und

Verwenden der Traktionsregelvorrichtung (108, 112), um die Leistung der Brennkraftmaschine (14), welche das erste Paar Räder antreibt, derart zu verringern, daß die Traktionsregelung durchgeführt wird, und Verwenden der Vorrichtung (118), um den Elektromotor (MG2) mit elektrischer Energie anzutreiben, welche von der Vorrichtung (94) zum Speichern von elektrischer Energie und der Brennstoffzelle (FC) geliefert wird.

20. Steuerungsverfahren nach Anspruch 18, das außerdem aufweist:

Verwenden einer Vorrichtung (118) zum Steuern der Leistung des Elektromotors (MG2);

worin das Fahrzeug außerdem einen Generator (MG1), welcher durch die Brennkraftmaschine (14) angetrieben wird, aufweist, und worin die Vorrichtung (118) den Elektromotor, welcher das zweite Paar Räder antreibt unter Verwendung von elektrischer Energie antreibt, welche von dem Generator (MG1) geliefert wird, und worin sie den Elektromotor unter Verwendung von elektrischer Energie, welche von der Brennstoffzelle (FC) geliefert wird, antreibt, wenn die Erzeugung von elektrischer Energie des Generators begrenzt ist.

21. Steuerungsverfahren nach Anspruch 18, das außerdem aufweist:

Verwenden einer Vorrichtung (118) zum Steuern einer

Leistung des Elektromotors (MG2); und
 Verwenden einer Vorrichtung (94) zum Speichern von
 elektrischer Energie;
 worin das Fahrzeug außerdem einen Generator (MG1)
 aufweist, welcher durch die Brennkraftmaschine (14) 5
 angetrieben wird, und worin die Vorrichtung (118) den
 Elektromotor unter Verwendung von elektrischer Ener-
 gie antreibt, welche von wenigstens der Vorrichtung
 (94) zum Speichern von elektrischer Energie, dem Ge-
 nerator (MG1) oder der Brennstoffzelle (FC) zugeführt 10
 wird.

22. Steuerungsverfahren nach Anspruch 21, das au-
 ßerdem aufweist: Koordinieren von Betriebsweisen der
 Vorrichtung (94) zum Speichern von elektrischer Ener-
 gie, des Generators (MG1) und der Brennstoffzelle 15
 (FC), um die Mengen an elektrischer Energie einzustel-
 len, welche dem Elektromotor (MG2) von der Vorrich-
 tung (94) zum Speichern von elektrischer Energie, dem
 Generator (MG1) und der Brennstoffzelle (FC) zuge-
 führt wird. 20

23. Steuerungsverfahren nach einem der Ansprüche
 18-22, das außerdem aufweist: Verwenden einer Kraft-
 stoffverteilungsvorrichtung (92), um Kraftstoff auf die
 Brennstoffzelle (FC) und die Brennkraftmaschine (14)
 zu verteilen, wobei die Traktionsregelvorrichtung (108, 25
 112) die Kraftstoffverteilungsvorrichtung (92) wäh-
 rend der Traktionsregelung steuert.

24. Steuerungsverfahren nach Anspruch 23, worin die
 Kraftstoffverteilungsvorrichtung (92) den Kraftstoff 30
 verringert, welcher der Brennkraftmaschine zugeführt
 werden soll, wenn eine Menge an Kraftstoff, welche in
 einem Kraftstofftank des Fahrzeugs verbleibt, gleich
 oder geringer als ein vorbestimmter Wert ist.

25. Steuerungsverfahren nach einem der Ansprüche
 18-24, das außerdem aufweist: Begrenzen einer Lei- 35
 stung der Brennstoffzelle, wenn das Antreiben des
 Elektromotors (MG2) durch die Leistung der Brenn-
 stoffzelle (FC) während der Traktionsregelung gesteu-
 ert wird.

26. Steuerungsverfahren nach einem der Ansprüche 40
 15 bis 17, worin eines der Paare von Vorderrädern und
 Hinterrädern (66, 68, 80, 82) durch einen ersten Elek-
 tromotor (MG1) und das andere Paar durch einen zwei-
 ten Elektromotor (MG2) angetrieben wird.

27. Steuerungsverfahren nach einem der Ansprüche 45
 15-26, worin die Traktionsregelvorrichtung (108, 122)
 Radbremsen (66_{WB}, 68_{WB}, 80_{WB}, 82_{WB}) betätigt, wel-
 che auf die Räder (66, 68, 80, 82) des Fahrzeugs eine
 Bremskraft aufbringen.

28. Steuerungsverfahren nach einem der Ansprüche 50
 15-27, das außerdem aufweist: Korrigieren der Trakti-
 onsregelung durch die Traktionsregelvorrichtung (108,
 122) auf der Grundlage eines Betriebszustandes der
 Brennstoffzelle (FC).

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

55

60

65

- Leerseite -

FIG. 1

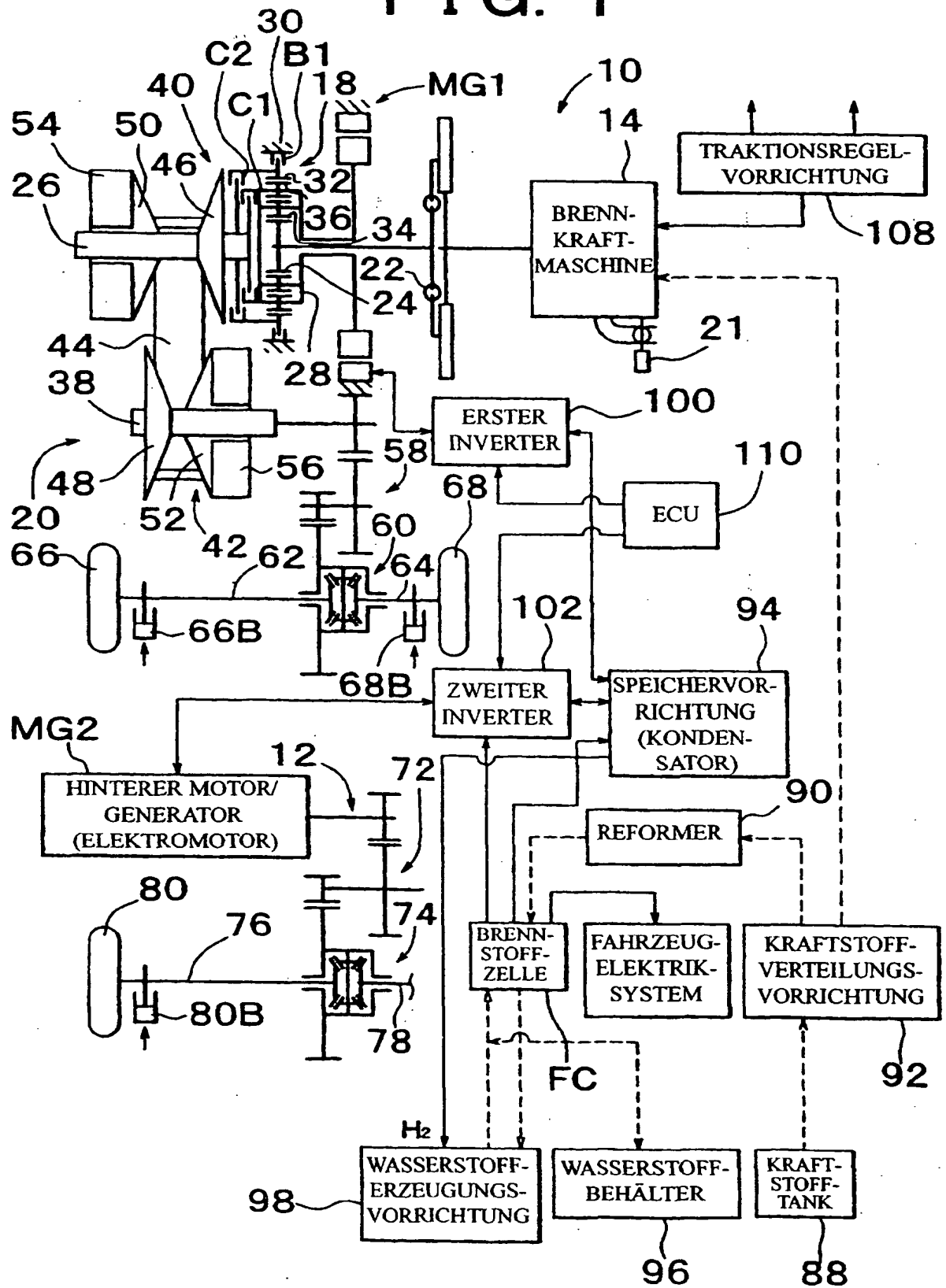


FIG. 2

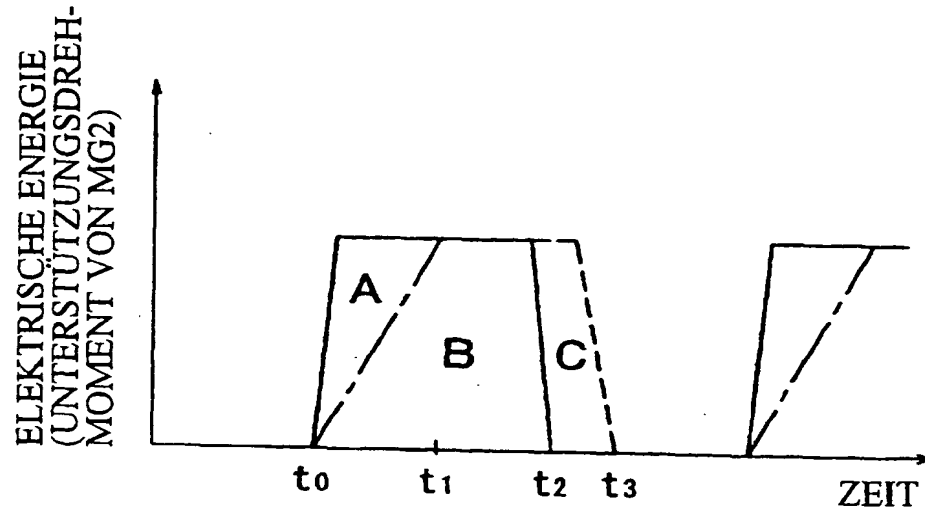


FIG. 3

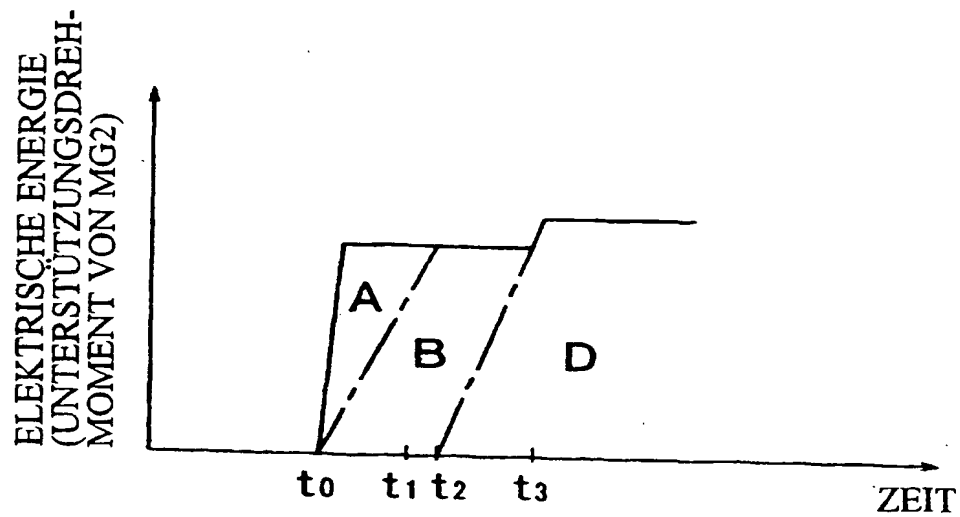


FIG. 4

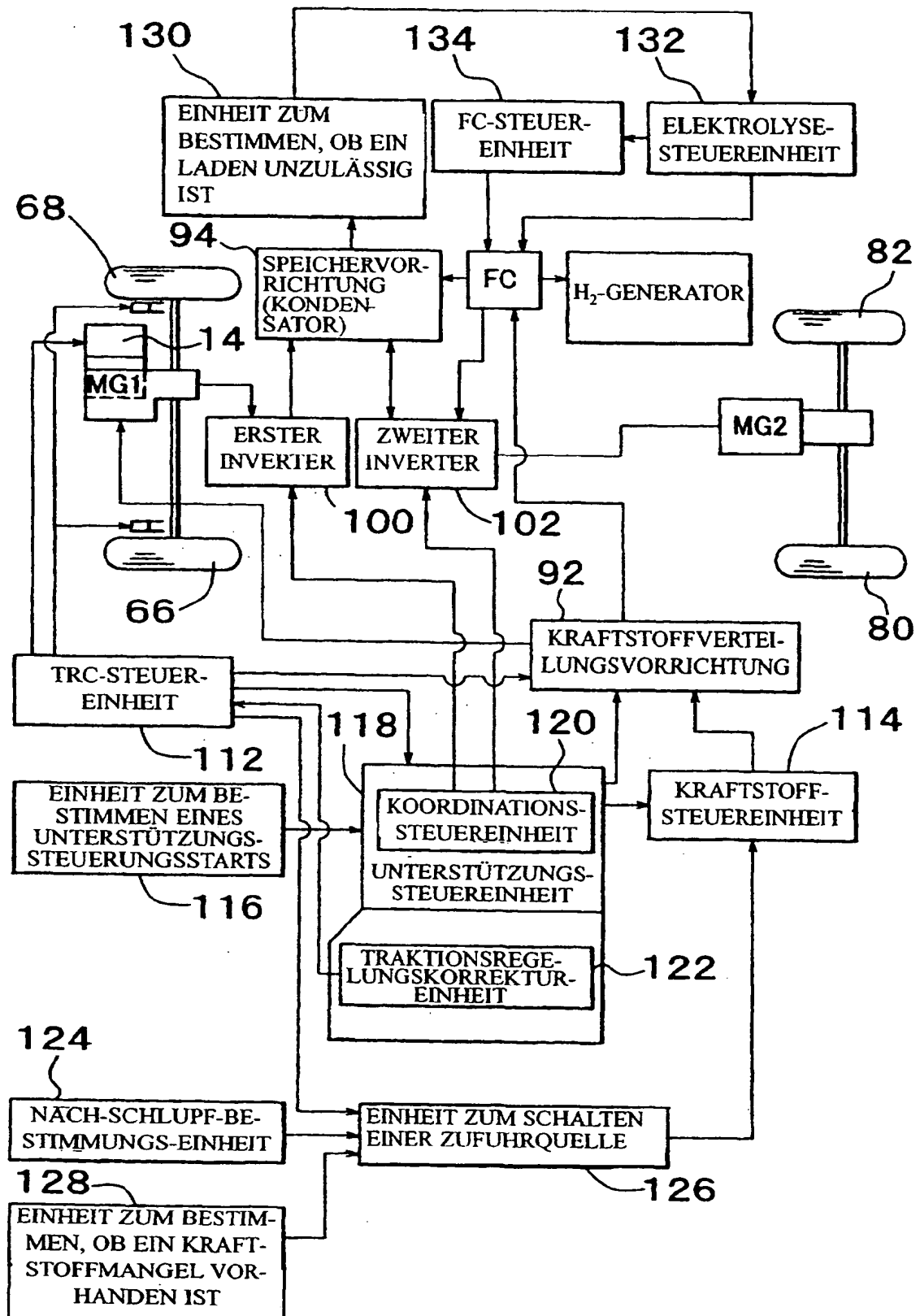


FIG. 5

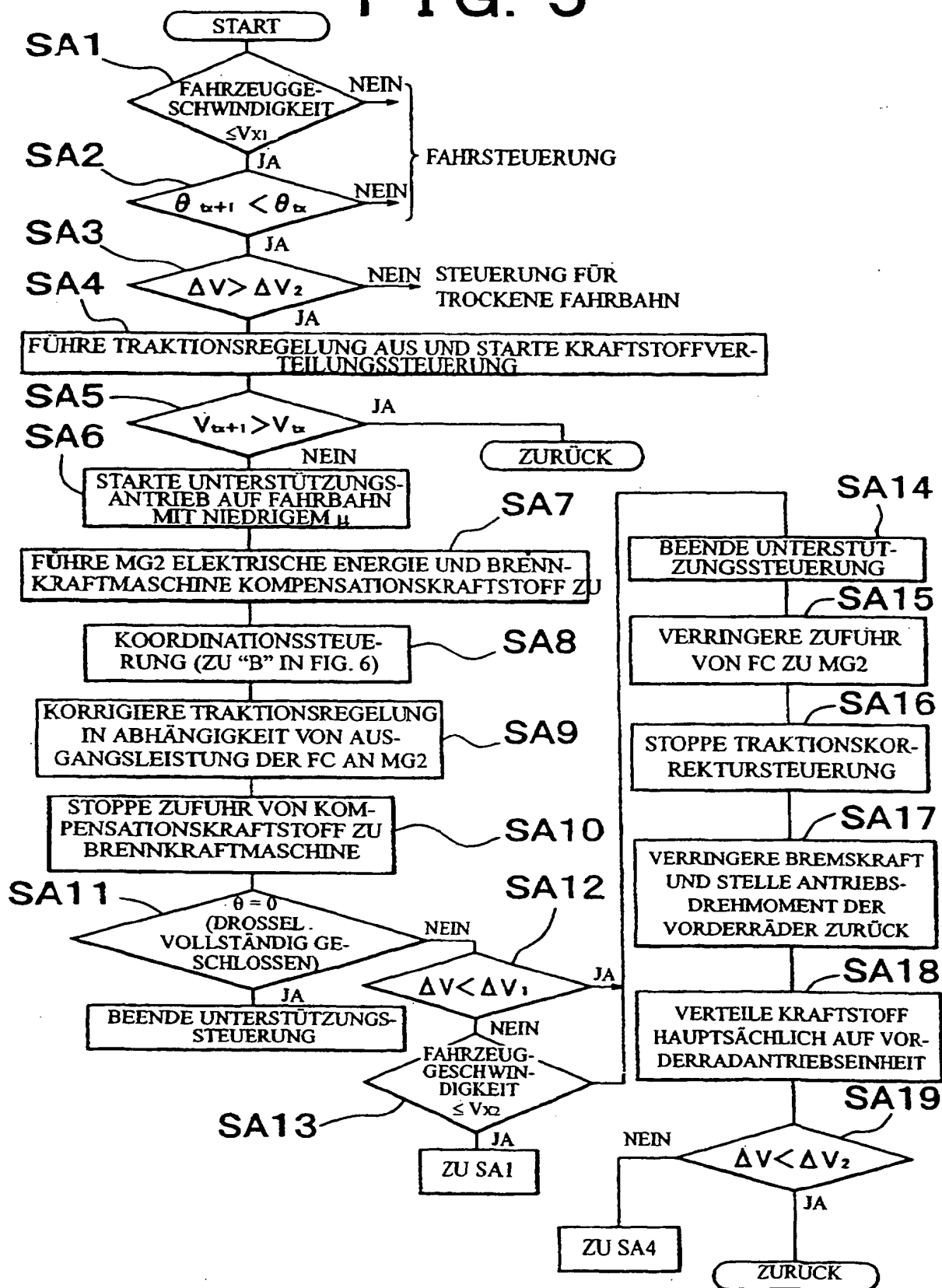


FIG. 6

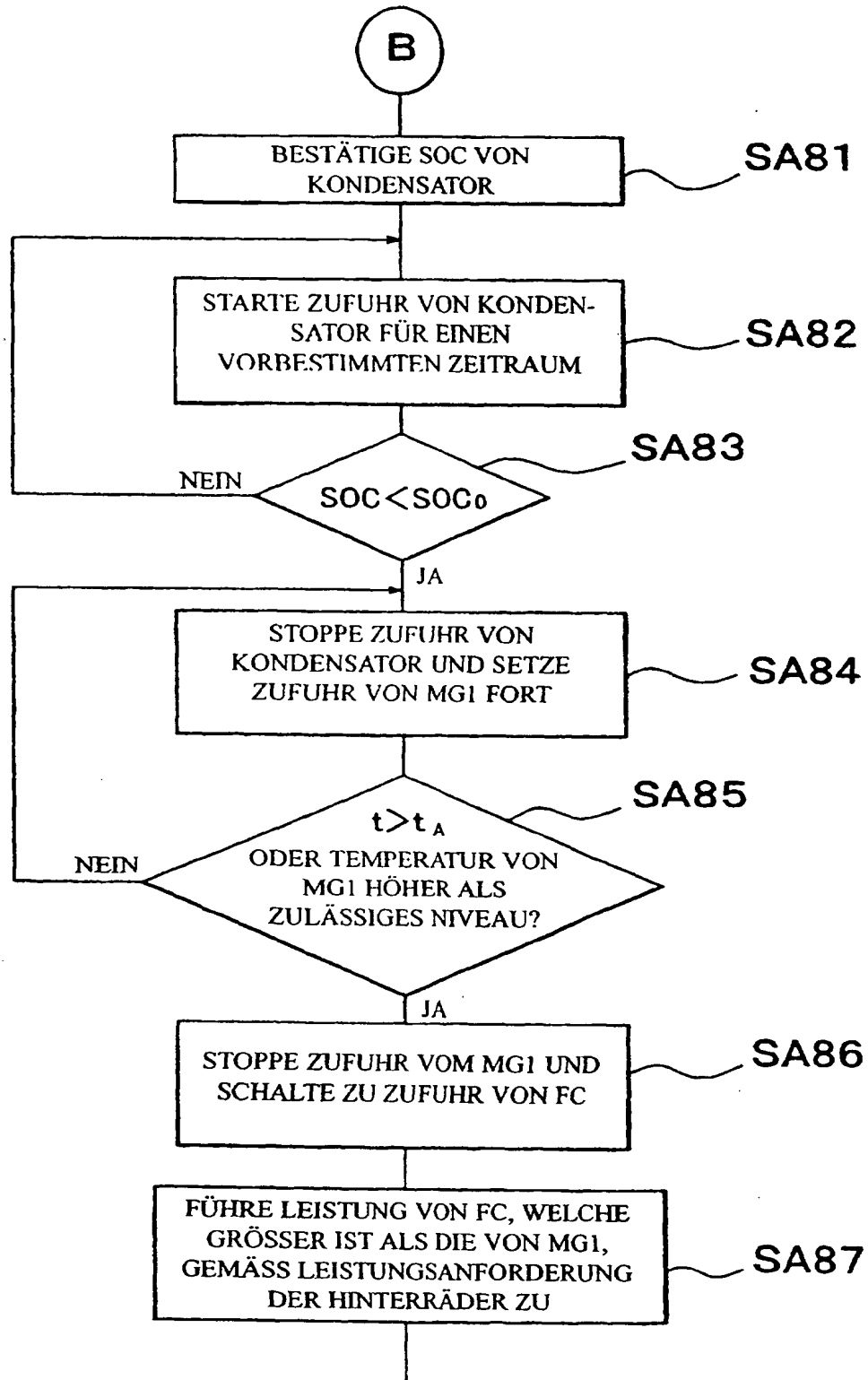


FIG. 7

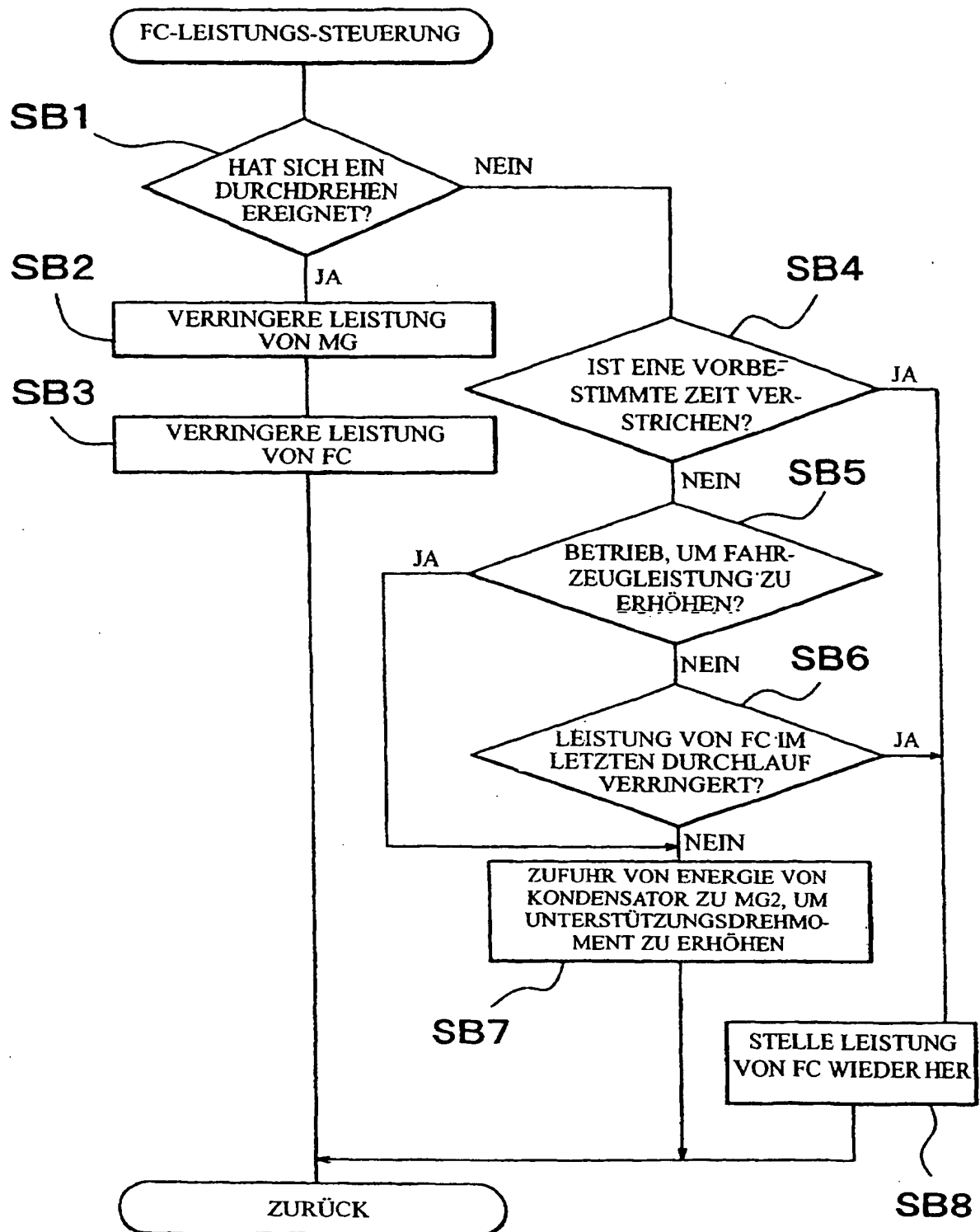


FIG. 8

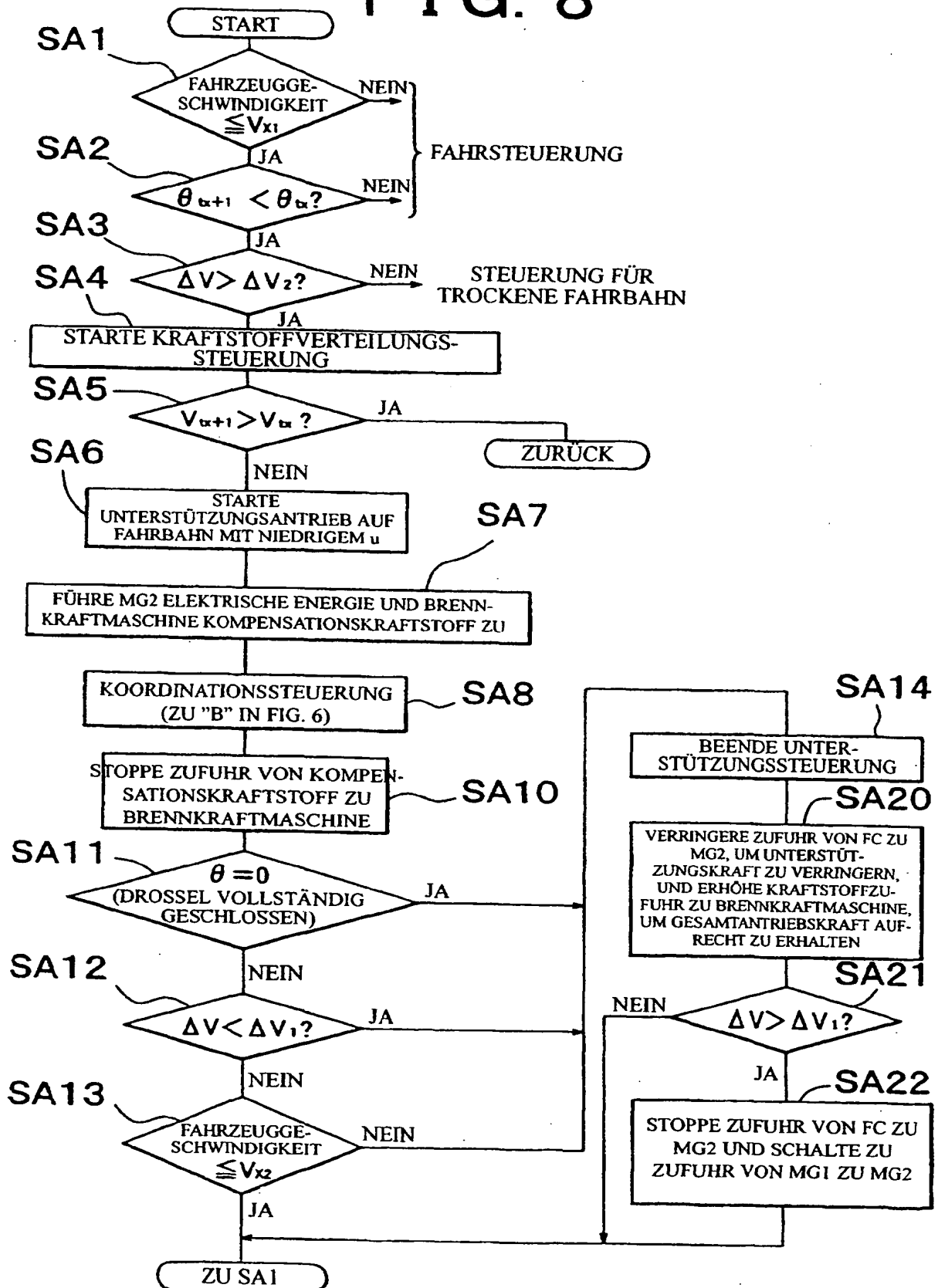


FIG. 9

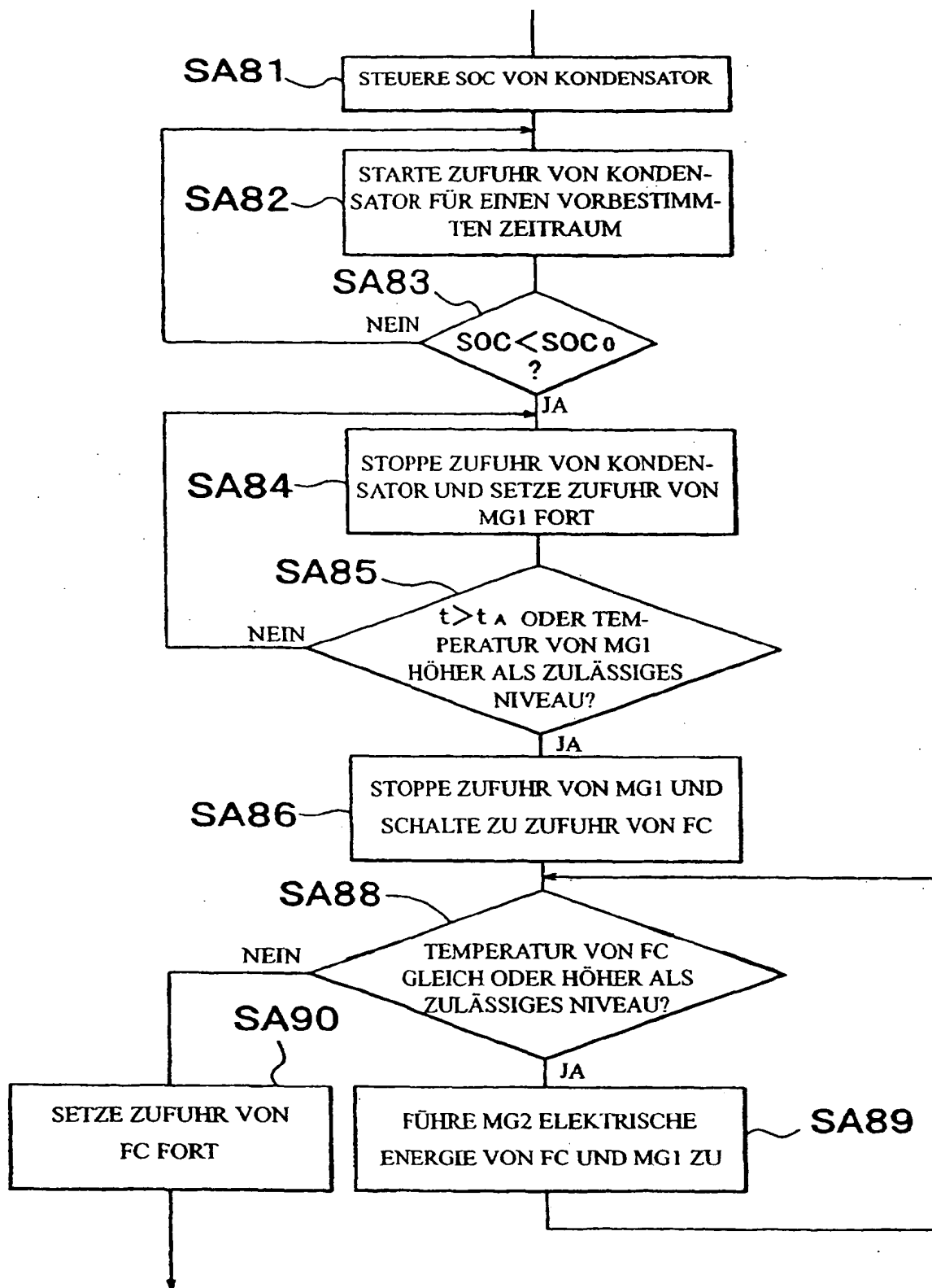


FIG. 10

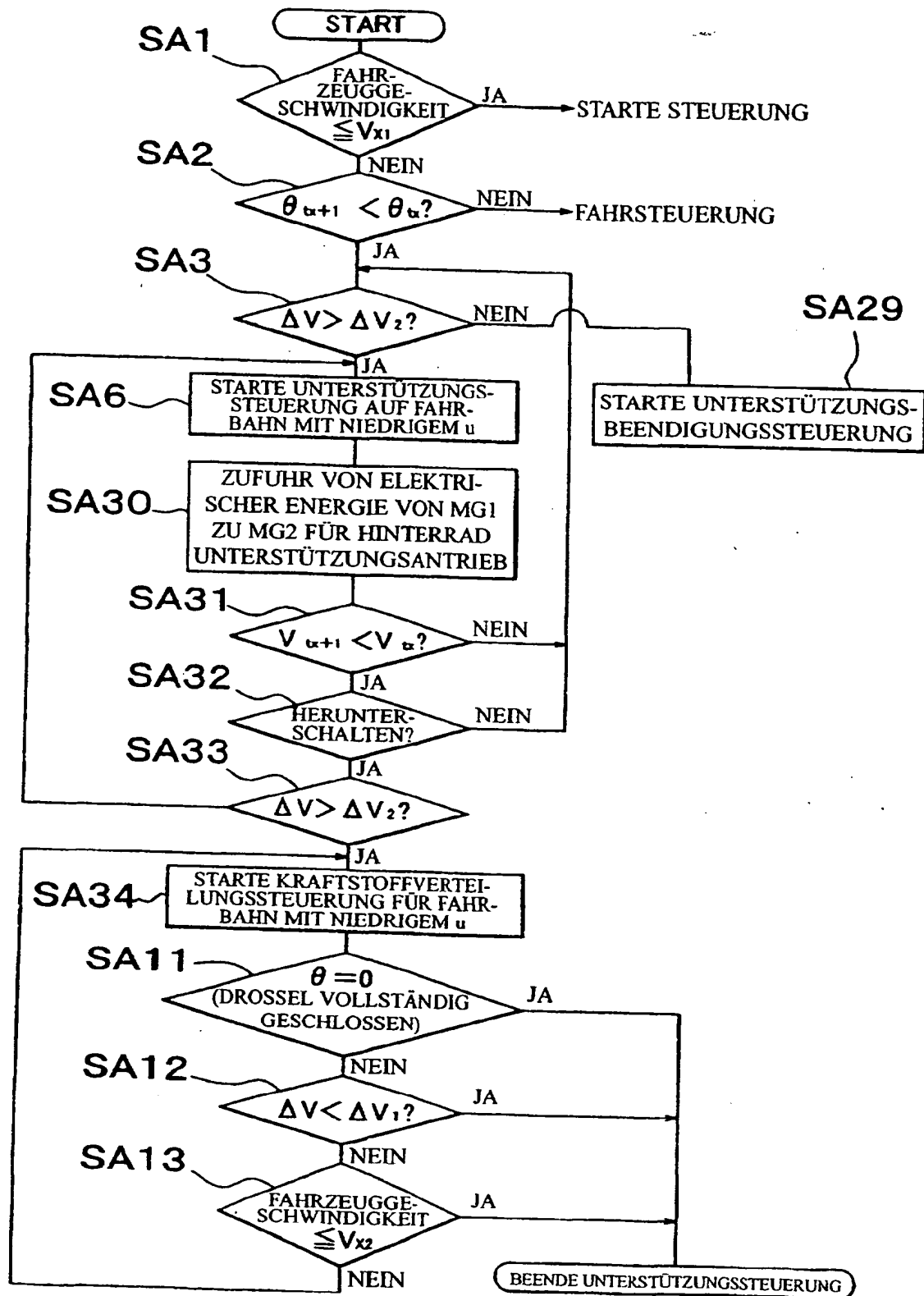


FIG. 11

